



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA



"ZEOLITAS EN LA DIETA DE POLLOS DE CARNE"

TESIS

**Presentada como requisito para
optar el título profesional de**

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR

MERLY PAOLA ARMAS MARTINEZ

Lambayeque

PERÚ

2014

“Zeolitas en la dieta de pollos de carne”

TESIS

**Presentada como requisito para
optar el título profesional de**

INGENIERO ZOOTECNISTA

por


MERLY PAOLA ARMAS MARTINEZ

**Sustentada y aprobada ante el
siguiente jurado**


**Ing. Enrique G. Lozano Alva, M. Sc.
Presidente**



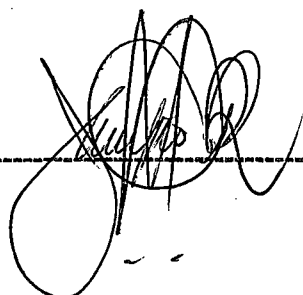
**Ing. Rafael Antonio Guerrero Delgado, M. Sc.
Secretario**



**Ing. Alejandro Flores Paiva
Vocal**



**Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, M. Sc.
Patrocinador**



DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo:

A Dios, quién supo guiarme por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban.

A mis padres, Ana Blanca y Walter Amador con todo mi amor y cariño, por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en todos los momentos de mi vida. Me han dado todo lo que soy como persona para que yo pudiera lograr mis objetivos.

A mis hermanos, Marisol, Analí y Giordani, por todos los momentos de alegría y tristezas q hemos compartido, junto a mis adorados sobrinos, Adrian, Jhon y Valentina.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento imperecedero:

Al Ing. PEDRO ANTONIO DEL CARPIO RAMOS, M. Sc., por la impecable labor de patrocinio para llevar adelante el trabajo y por la ayuda en la interpretación y discusión de los resultados; habiéndose generando nuevos problemas que merecen investigación para solucionarlos.

A, Joel Francisco Morán Sanchez, por su apoyo, compañía y cariño en todos los momentos a lo largo de nuestra vida universitaria.

Al Instituto Superior Tecnológico de Illimo, por habernos prestado sus instalaciones y equipo para poder realizar la fase de campo.

A los docentes de la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, en general, y a los de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, en particular, que fueron trascendentes en mi formación profesional. El cambio de actitud, habiendo pasado por la Universidad, es sumamente importante para desempeñarte en el futuro.

ÍNDICE

Nº Capítulo	Título del Capítulo	Nº Pág.
I	INTRODUCCIÓN	01
II	REVISIÓN DE LITERATURA	03
	2.1. Caracterización de las Zeolitas	03
	2.2. Las Zeolitas en Alimentación Animal	06
	2.2.1. En Pollos de Carne	09
	2.3. Mico-toxicosis y Rol de las Zeolitas	13
	2.3.1. La Mico-toxinas más importantes	18
	2.3.2. Efectos Sobre la Salud y Productividad	25
III	MATERIAL Y MÉTODOS.....	27
	3.1. Localización y Duración	27
	3.2. Tratamientos Evaluados	27
	3.3. Material y Equipo Experimentales	27
	3.3.1. Animales	27
	3.3.2. Alimento	28
	3.3.3. Instalaciones y Equipo	30
	3.4. Metodología Experimental	30
	3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis	30
	3.4.2. Técnicas Experimentales	31
	3.4.3. Variables Evaluadas	33
	3.4.4. Análisis Estadístico	33
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
	4.1. Consumo de Alimento	35
	4.2. Peso Vivo e Incremento de Peso Vivo	37
	4.3. Conversión Alimenticia	42
	4.4. Mérito Económico	45
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
VI	RESUMEN.....	49
VII	BIBLIOGRAFIA CITADA.....	51
VIII	APÉNDICE.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

Nº Cuadro	Título del Cuadro	Nº Pág.
3.1.	Composición (%) de la ración testigo para pollos de carne	28
3.2.	Esquema del análisis de la varianza del DCA	34
4.1.	Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron aluminosilicatos (zeolitas) en el alimento	35
4.2.	Peso vivo e incremento de peso de pollos de carne que recibieron aluminosilicatos (zeolitas) en el alimento	38
4.3.	Conversión alimenticia de pollos de carne que recibieron aluminosilicatos (zeolitas) en el alimento	42
4.4.	Mérito Económico de pollos de carne que recibieron aluminosilicatos (zeolitas) en el alimento	45
8.1.	Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales	57
8.2.	Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso a los 14 días	57
8.3.	Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso a los 14 – 28 días	57
8.4.	Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso a los 28 – 42 días	58
8.5.	Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso a los 1 – 42 días	58
8.6.	Análisis de la varianza con los incrementos de peso vivo obtenidos en el período de inicio	58
8.7.	Análisis de la varianza con los incrementos de peso vivo obtenidos en el período de crecimiento	58
8.8.	Análisis de la varianza con los incrementos de peso vivo obtenidos en el período de acabado	59
8.9.	Análisis de la varianza con los incrementos de peso vivo acumulados en todo el ensayo	59
8.10.	Análisis de covarianza entre peso inicial (X) e incrementos de peso acumulados	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº Figura	Título de la Figura	Nº Pág.
4.1.	Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo acumulado de alimento	35
4.2.	Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento según fases de crianza	36
4.3.	Comparativo porcentual entre tratamientos para incremento de peso acumulado	39
4.4.	Comparativo porcentual entre tratamientos para incremento de peso según fase de crianza	40
4.5.	Comparativo porcentual entre tratamientos para Conversión Alimenticia acumulada	43
4.6.	Comparativo porcentual entre tratamientos para Mérito Económico acumulado	46

I. INTRODUCCIÓN

La industria del pollo de carne moviliza una elevada cantidad de insumos alimenticios, principalmente cereales y oleaginosas. Las granjas se ven obligadas a mantener stocks de estos insumos y, muchas veces, las condiciones de almacenamiento no son las más adecuadas; aun desde su origen, transporte y usuario final. Cooperan en la inadecuación la elevada temperatura y humedad relativa. La consecuencia es el desarrollo de hongos que dejan en el alimento sus productos de desecho (mico-toxinas) que afectan las condiciones de salud y rendimiento de las aves.

Es necesario neutralizar a las mico-toxinas, una de las estrategias es la acción desarrollada por ciertas arcillas para atraparlas (capacidad de adsorción), dentro de las que se encuentran las zeolitas. Generalmente conocidas como aluminosilicatos, o arcillas hidratadas de aluminio.

El departamento de Lambayeque se caracteriza por poseer elevada temperatura ambiental que puede ocasionar la presencia de hongos en los insumos alimenticios que se comercializan para ser utilizados en la alimentación de pollos de carne. Es común observar en las explotaciones avícolas la preparación de alimento para los lotes y por fase de crianza con la finalidad de asegurar la campaña de cada lote; sin embargo, el hecho de disponer de cantidades, que pueden ser grandes, de alimento obliga a su almacenamiento. Cuando las condiciones de almacenamiento fallan (elevada temperatura, incremento en la humedad relativa en el ambiente de almacenamiento, etc.) entonces se dan las condiciones para el crecimiento exponencial de las poblaciones de hongos que existen en el ambiente (como el caso de *Aspergillus flavus*, por ejemplo), que atacan a los alimentos para proveerse de nutrientes, como consecuencia de su metabolismo se producen sustancias de desecho que se acumulan en el alimento, estas son conocidas como mico-toxinas (son tóxicas para el organismo de animales

superiores) y que al ser ingeridas con el alimento producen trastornos de salud y rendimiento en las aves y, en muchos casos, pueden dar lugar a elevadas tasas de mortalidad. Pero, el daño más serio es de tipo económico por mico-toxicosis crónica (no mata al animal pero merma considerablemente su rendimiento). El pollo de carne es altamente susceptible al ataque de mico-toxinas.

Los aluminosilicatos han sido perfeccionados paulatinamente con la finalidad de no interferir con la utilización de micro nutrientes importantes, así en el mercado existe un producto que se comercializa no sólo para atrapar mico-toxinas sino que se indica para el propiedades mejoradoras del metabolismo de las aves. Por lo que cabe preguntar: ¿Podrá mejorarse el incremento de peso, conversión alimenticia y mérito económico de los pollos de carne si se incluye un producto comercial específico de aluminosilicatos en la dieta?

Para responder a esta interrogante se planificó la ejecución del presente trabajo de investigación asumiendo la siguiente hipótesis: Si se emplea un producto comercial de aluminosilicatos (zeolitas) en la dieta de pollos de carne **entonces** se mejorará el incremento de peso, conversión alimenticia y mérito económico.

Considerándose el siguiente objetivo:

Determinar y analizar el incremento de peso, conversión alimenticia y mérito económico de pollos de carne que reciben un producto comercial de aluminosilicatos en la dieta.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Caracterización de las Zeolitas

Según Castaing (1998), las arcillas son elementos estructurales del suelo que se utilizan desde hace muchos años como minerales industriales, con multitud de aplicaciones según sus propiedades. Son productos de alto valor añadido en el sector farmacéutico, como excipiente de medicamentos, en la industria petroquímica, como soporte de catalizadores, y en otros sectores, como aditivos para pinturas, betunes, construcción, cosmética, agricultura, etc. En la industria mundial de la alimentación animal, el empleo de arcillas seleccionadas y procesadas en centros productivos está cada día más extendido. Clásicamente, las arcillas son reconocidas por sus propiedades tecnológicas como agentes fluidificantes y anti-apelmazantes en las harinas, como lubricantes para mejorar el rendimiento de las prensas de granulación y como aglomerantes para reforzar la durabilidad de los gránulos.

La misma fuente indica que desde un punto de vista clásico, se define arcilla como aquel componente mineral del suelo cuyo diámetro de partícula es inferior a 2 micras (μm). Sin embargo, esta definición es de escaso valor cuando se considera a la arcilla como una amplia clase de minerales con aplicaciones industriales. Modernamente, las arcillas se definen como filosilicatos y se clasifican según los minerales que las componen. Las arcillas más comúnmente empleadas en alimentación animal son las denominadas esmectita, caolín, talco, sepiolita y atapulgita. Las zeolitas no son arcillas, puesto que pertenecen al grupo de los tectosilicatos. Existen otros silicatos no arcillosos como las diatomeas, de origen orgánico, y la perlita y la vermiculita, de origen volcánico, pero no se considerarán por ser menos frecuente su empleo.

La estructura de las zeolitas no es laminar sino que consiste en una matriz de

tetraedros de silicio y de aluminio unidos, formando un entramado abierto de canales y poros. A diferencia de las arcillas, las zeolitas son aluminosilicatos alcalinos y alcalinotérreos, principalmente de sodio y de calcio. En la naturaleza se han identificado más de 40 especies de zeolitas diferentes y a su vez existen varias especies de zeolitas sintetizadas artificialmente.

Estructura globular de una zeolita



Las zeolitas son los silicatos con mayor capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), pudiendo alcanzar valores superiores a los 1000 meq/100g cuando se trata de zeolitas sintéticas. Gracias a su alta C.I.C., presentan ventajas cuando se trate de neutralizar el efecto negativo de sustancias tóxicas y anti-nutricionales.

Las zeolitas fueron descubiertas en Japón por Sudo (1949). En la actualidad sólo en Japón hay unas 15 empresas produciendo zeolitas. La clase de las zeolitas incluye un gran número de aluminosilicatos alcalinos y alcalinotérreos hidratados, principalmente de sodio y calcio, que contienen cantidades variables de agua en el interior de los huecos interiores de la estructura. Su estructura está formada por una matriz de tetraedros de aluminio $(\text{AlO}_4)^{-5}$ y silicio $(\text{SiO}_4)^{-4}$ unidos formando un entramado abierto de canales y poros en una, dos o tres direcciones.

El diámetro de los poros varía entre 2 y 7 Å y algunas zeolitas llegan a tener hasta un 50% de huecos. Gracias a estas características estructurales las zeolitas han alcanzado un amplio grado de utilización como filtros moleculares, filtros iónicos,

intercambiadores iónicos e intercambiadores gaseosos y catalizadores. Desde hace más de 100 años se conocen las propiedades de las zeolitas como intercambiadores de iones, sin embargo, dichas propiedades no alcanzaron una razón de utilidad industrial hasta después de 1960. Cada especie de zeolita tiene un patrón de intercambio de cationes específico, por lo que unos cationes son intercambiados más fácilmente que otros. Por ejemplo, la clinoptilolita intercambia preferencialmente amonio frente a sodio. La alta capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) de algunas zeolitas sintéticas puede alcanzar valores de 1000 meq/100g, pero las zeolitas naturales (clinoptilolita, erionita, phillipsita, etc.) suelen tener valores inferiores. La más comúnmente encontrada en el mercado de alimentación animal es la zeolita tipo clinoptilolita (Aluminosilicato sódico potásico hidratado) y sus valores de C.I.C. pueden estar alrededor de los 200 meq/100g.

De las más de 40 especies de zeolitas conocidas en la actualidad, sólo 10 tipos se han probado en alimentación animal. La clinoptilolita es una de las zeolitas con mayor número de referencias bibliográficas, aunque existen algunos trabajos referidos a zeolitas sintéticas.

Según Mumpton (1999) los principales hitos en la historia de las zeolitas son:

- 1857: Damour demostró la capacidad de hidratación de estos minerales.□
- 1858: Eichhorne evidenció la capacidad de intercambiar sus componentes catiónicos.□
- 1925: Weigel y Steinhof separaron moléculas de gases por adsorción y diferencia de tamaño.□
- 1929: Samashina presentó sus trabajos en adsorción.□
- 1932: McBain acuñó el término tamiz molecular.□
- 1938: Barrer dio a conocer quizás el trabajo más importante sobre adsorción y tamizado molecular.□
- 1940: Breck y Milton comienzan sus trabajos en la División Linde de la Union Carbide Corporation en el programa de síntesis de zeolitas.□
- 1954: Coombs cita laumontita en rocas sedimentarias en Nueva Zelanda.□

- 1958: Ames *et al.* encuentran clinoptilolita de alta pureza en Héctor, California.
- 1959: Milton patentó la zeolita sintética tipo A.□
- 1968: Milton, Breck y Flanigen sintetizan chabazita, mordenita y faujasita, X y Y, y producen diversas zeolitas sintéticas sin similares en la naturaleza.

Las zeolitas se caracterizan a menudo por las siguientes propiedades, según Breck (1974):

- Alto grado de hidratación.□
- Baja densidad y gran volumen de vacíos cuando están deshidratadas.
- Estabilidad de la estructura cristalina cuando están deshidratadas.
- Características de intercambio iónico.□
- Canales de tamaño molecular uniformes en los cristales deshidratados.
- Conductividad eléctrica.
- Adsorción de gases y vapores.
- Características catalíticas.

Según Mumpton (1999), las principales aplicaciones de zeolitas son:

- Control ambiental: gestión de desechos radiactivos; tratamiento de□aguas residuales; tratamiento de aguas residuales agrícolas; limpieza total de gases emanados de chimeneas; producción de oxígeno.
- Conservación de energía: Gasificación de carbón; purificación de gas natural; usos en energía solar; producción de petróleo.
- Agricultura: Fertilización y remediación de suelos; adsorción de pesticidas, fungicidas y herbicidas; adsorción de metales pesados de los suelos; nutrición animal; tratamiento de excremento animal.
- Minería y metalurgia: Adsorción de metales pesados de efluentes; adsorción de metales en procesos metalúrgicos
- Aplicaciones varias: En la industria del papel; construcción; aplicaciones médicas; detergentes; control de malos olores, camas de animales, etc.

2.2. Las zeolitas en alimentación animal

Páez (2006), citado por Lema (2008), indica que en varios estudios se ha demostrado que la adición de Clinoptilolita al pienso para ganado bovino, porcino y aves de corral, acelera el crecimiento de los animales, incrementa la conversión del

pienso y reduce el contenido en amoníaco de los excrementos de los animales. La Clinoptilolita actúa como punto de anclaje para las mico-toxinas, absorbiendo toxinas que pueden ser nocivas para los animales. También ayudan a controlar las aflatoxinas en el pienso por lo que se reduce la mortalidad por estrés digestivo y reduce el uso de antibióticos. Como resultado, se ha visto un incremento en la productividad en gallinas ponedoras y en vacas lecheras debido a que los animales están más sanos. Pruebas realizadas en aves a las que en su alimentación se añadió 5% de zeolita por un periodo de 15 días, mostraron que las aves aumentaron de peso y la eficiencia alimenticia fue entre un 25 y 30% mayor, respecto a la obtenida para aves de control alimentadas sin zeolita. En aves no tratadas con zeolita, hubo entre un 5 y 10 % de fallecimientos, mientras que, las que consumieron zeolitas, no fallecieron.

De acuerdo con Castro (1996), el empleo de la zeolita natural permite incrementar la eficiencia de utilización de la energía y la proteína. Las zeolitas naturales debido a sus propiedades derivadas de su capacidad de intercambio catiónico, su efecto en el complejo enzimático y su acción astringente posibilitan una mejora en la utilización de los nutrientes y debido a su procedencia natural y por no acumularse en los tejidos de la canal, ya que no se absorbe en el tracto, constituyen un complemento eficaz para mejorar las dietas de los animales, logrando mejorar los indicadores productivos como las conversiones proteica y energética así como el peso final de la categoría. La zeolita natural además de contrarrestar los efectos relacionados con la fluidez de las excretas y la higiene en los cubículos de maternidad. En aves resulta de vital importancia económica incluir determinadas proporciones de subproductos que contribuyan a ahorrar cereales y disminuir los costos. La zeolita natural posibilitó sustituir hasta 10 % del cereal por miel final sin afectar los indicadores productivos en la alimentación de pollos de engorde.

Zaldívar *et al.* (2011), señalan que el empleo de zeolitas naturales en la elaboración de piensos para el consumo animal ofrece mejoras productivas determinadas por una mayor eficiencia metabólica en la utilización de los nutrientes, disminución o eliminación de las enfermedades gastroentéricas y de los efectos tóxicos de mico-toxinas contaminantes de alimentos. En la evaluación de la inclusión de un 5% de roca zeolítica en sustitución del cereal básico (trigo) en pollos de engorde con tres planos nutricionales (bueno, regular y malo), los resultado del metabolismo energético determina una mayor eficiencia biológica en la utilización de la proteína dietética, lo que fue demostrado en la prueba de canales, donde las aves que recibieron zeolita con los alimentos mostraron un mayor rendimiento y disminución de la grasa abdominal.

<http://www.quiminet.com.mx> (2007) reporta que, en la alimentación de animales, brinda eficiencia en el desarrollo del ganado haciendo decrecer el agua amoniacal en el sistema digestivo. Se utiliza como suplemento alimenticio para ganado pues lo hace aprovechar más la comida. Para el Ganado porcino, vacuno, caprino y bovino funcionan como: eficientizadores del alimento (menos alimento mejor producción), desintoxicantes de amoníaco y toxinas, antidiarreicos. También se utiliza como un suplemento alimenticio para las aves, pues engordan de un 25% a un 29% más con respecto a las que no se les adiciona zeolita; la zeolita que permite esto es la clinoptilolita.

Adicionalmente ofrece los siguientes beneficios para las aves:

- Mejoradores en la calidad del cascarón de huevo
- Eficientizadores del alimento (menos alimento mejor producción)
- Desintoxicantes de amoníaco y toxinas
- Antidiarreicos.

<http://es.wikipedia.org> (2007) reporta que la causa de que los animales engorden más es que la zeolita hace que los nutrientes ingeridos queden retenidos por ella: se quedan un tiempo debido a los poros con los que cuenta la zeolita. Esto permite que la zeolita les haga aprovechar mucho más los alimentos.

Los efectos fisiológicos de las zeolitas naturales parecen estar relacionados con su alta capacidad de intercambio catiónico que afecta la absorción de tejido y utilización de iones de amonio (Pond, 1995). Se ha demostrado que los aluminosilicatos hidratados reducen la absorción de radionucleótidos del alimento (Chelishchev, 1995; Åhman, 1996 y Viæentijevæ *et al.*, 2006). Muchos estudios han demostrado que los aluminosilicatos hidratados, usados comúnmente como agentes anti-torta en los alimentos animales, disminuyen significativamente los efectos adversos de las aflatoxinas en los animales (Harvey *et al.*, 1993; Pimpukdee *et al.*, 2004; Stojšić *et al.*, 2004 y Bailey *et al.*, 2006). Los aluminosilicatos son también efectivos como portadores de lenta liberación para muchos medicamentos (Dyer *et al.*, 2000 y Cerri *et al.*, 2004).

2.2.1. En pollos de carne

Amaguaña (1999) estudió cuatro niveles de zeolitas cargadas con cloruro de calcio (0, 0.5, 0.75 y 1.0%) suministrados en la dieta de pollos Broilers, en un total de 240 animales (160 en un primer ensayo y 80 en el segundo) con un peso promedio de 41.59 gramos; los mismos fueron distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones/tratamiento. En la etapa de crecimiento (0 – 28 días), se obtuvieron mejores rendimientos en el nivel correspondiente a 0.5% de zeolitas con Cl_2Ca ya que alcanzó un peso final de 801.06 gramos, una ganancia de 760.06 gramos, la conversión fue 1.57. En la etapa de engorde (28 – 56 días) igualmente se observó un mejor comportamiento en el tratamiento mencionado (0.5% de zeolitas y Cl_2Ca en la

dieta), apreciándose un peso final de 2523.43 gramos, una ganancia de 1721.89 gramos de peso, apenas se necesitó 2.26 kilos de alimento para convertir un kilo de carne. En el análisis de la etapa total se ratifica la superioridad del nivel 0.5% ya que la ganancia total de peso fue 2481.96 gramos, la eficiencia del alimento resultó mejor (2.02), el costo por kilo de ganancia de peso fue el menor y el rendimiento a la canal se ubicó óptimamente en 75.25%. La mortalidad total se encontró en un 13.15%, existiendo mayores pérdidas en el testigo (4.38%). La evaluación económica, en cambio reflejó mayor rentabilidad en el nivel 0.5% de zeolitas y Cl_2Ca debido a que se encontró un beneficio costo de 1.20.

Guevara (1999) evaluó en 240 pollitos parrilleros divididos en dos ensayos consecutivos la utilización de diferentes niveles energéticos (3100, 3200, 3000 y 2900 kcal/kg de alimento) cargadas con 0.75% de zeolitas que se adicionaron a la ración, determinando en la fase de crecimiento las mejores respuestas en los pesos finales (866.25 g), ganancia de peso (826.50 g), eficiencias alimenticias (1.43) y costo por kg de ganancia de peso con el nivel energético 3100 kcal/kg más zeolitas al igual que se mantuvo en la fase de acabado, con los mejores pesos finales (2447.5 g), ganancia de peso (1611.25 g), consumos de alimento que oscilaron entre 3789.5 y 3799.25 g, con eficiencias alimenticias de 2.35, con el mismo nivel energético. En la valoración total de 0 a 56 días prevaleció el mismo nivel energético que presentó los mejores incrementos totales de peso de 2437.75 g, una conversión alimenticia de 2.04 un rendimiento a la canal de 75.78 %, con una rentabilidad de 32 % en dos meses de ejercicio por lo que recomienda el empleo energético de 3100 kcal/kg de alimento durante todo el proceso de producción de pollo parrillero.

Luna (1999), evaluó el efecto de diferentes niveles de proteína cargadas con bentonita (22, 23, 21 y 20%) en crecimiento y (19, 19.5, 18.5 y 18%) en la etapa de

acabado, de pollos parrilleros, determinando en la etapa de crecimiento (28 días de edad) que los pesos finales aumentaron en 23 veces el peso al primer día (1015 g), la ganancia de peso fue de 982.75 g, así mismo la conversión alimenticia (1.20), costo por kg de ganancia de peso fue mejor con el nivel 23% PB cargada con zeolitas en relación a todos los tratamientos evaluados. Pero sin embargo en la etapa de acabado las aves demostraron el mejor comportamiento productivo en los tratamientos 19.5 y 19 % más bentonita, registrando resultados en el peso final a los 56 días de 2643.75 g, la ganancia de peso de 1619.25 g, con consumos de alimento de 3660.00 g y una conversión alimenticia de 2.26, encontrándose al final del estudio ganancia de peso 2602.00 g, consumo de alimento de 4837.50 g, conversiones alimenticias entre 1.86 y 2.06 y rendimientos a la canal de 74.93 a 75.11%, con una mortalidad total del 6 %. Lo que denota que la utilización de bentonita en niveles de 0.75% en el proceso biológico del pollo asadero se recomienda la utilización de niveles proteicos de 23 % en inicio como de 19.5 y 19 % en acabado.

Romero (1999), citado por Lema (2008), utilizando 200 pollos de engorde evaluó el efecto de la adición de zeolitas en niveles de 0.5, 0.75 y 1.0 % en la ración, frente a un testigo, encontrando que en la fase inicial, no se registraron diferencias significativas ($P>.05$) entre medias de tratamientos para ninguna variable de evaluación, pero la tendencia del nivel 0.5 % de zeolitas, demostró un mejor comportamiento en los pesos (883.27 g) y ganancia de peso diaria (32.26 g). En acabado los pesos finales fueron de 2779.6 g y ganancia de peso diario de 67.4 g estableciendo que la adición de zeolitas a la dieta de pollos de engorde mejora los rendimientos productivos y económicos.

Lema (2008) evaluó diferentes niveles de zeolitas naturales (0, 2 y 4 %) en dietas con ahorro de proteína dietética para las etapas de inicio (de 1 a 14 días) con 23 y 21%, para crecimiento (14 a 28 días) 20 y 19% y para acabado (28 a 56 días) 18 y 17% de

proteína, respectivamente, empleándose 360 pollitos parrilleros de un día de edad, divididos en dos ensayos consecutivos, y una unidad experimental de 10 aves. Determinándose que la utilización del balanceado que contenía 4 % de zeolitas naturales en la alimentación de pollos parrilleros, favorecieron el comportamiento productivo, no así al emplearse dietas altas en proteína, que únicamente lograron incrementar los pesos, por cuanto en el comportamiento total, con este nivel, se lograron incrementos de peso de hasta 3044.17 g, conversiones alimenticias de 2.06, IEE de 393.70; pesos y rendimientos a la canal de 2211.67 g y 71.65 %, rendimiento en pechuga de 36.79 %, ala 13.87 % y muslo 14.70 %, con una rentabilidad económica del 20%, que es superior en 5 puntos con respecto a la dieta control (0% de zeolita), reduciéndose además la presencia de amoníaco en el ambiente, recomendándose por tanto, emplear en la alimentación de pollos de parrilleros balanceado que contenga 4 % de zeolita natural.

Gaibor (2012) realizó un experimento que tuvo una duración de 6 semanas, para el que se utilizaron 400 pollos broilers de la línea Hubart de 1 día de edad, con un peso promedio de 43.87 g/ave, las aves se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos experimentales : T₀ (testigo), T₁ (2 Kg de zeolita/TM de alimento), T₂ (4 Kg de zeolita/TM de alimento) y T₃ (6 Kg de zeolita/TM); reportándose como el mejor a los 42 días de estudio el tratamiento T₃, que se reportó el mayor peso con 2110.14 g/ave registrándose diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) en relación a los demás tratamientos, así también la ganancia de peso para el mismo tratamiento (T₃) con 2078.49 g/ave, conversión alimenticia 1.62, además la mortalidad no se registró en los tres tratamiento con zeolitas mientras que en el testigo fue de un 4% , en tanto que el la relación costo/beneficio para los tres tratamientos fue bueno ya que reporta de 1.33 dólares, razón por la cual es recomendable la utilización de cualquiera

de los tratamientos estudiados con zeolitas ya que todos dieron resultados satisfactorios en la misma magnitud.

2.3. Mico-toxicosis y el rol de las zeolitas

Probablemente la investigación y el uso más intensos relacionados con las zeolitas se deba al rol que juegan en el control de las intoxicaciones producidas por los hongos que contaminan a los alimentos.

La presencia de hongos en la naturaleza es enorme, pudiéndose encontrar sobre cualquier superficie orgánica, como las plantas, insectos y vertebrados. En las condiciones adecuadas, los hongos son capaces de producir mico-toxinas. Las mico-toxinas son metabolitos secundarios de los hongos, producidos en la reducción de cuerpos cetónicos para la síntesis de los ácidos grasos que posteriormente utiliza como fuente de energía (Gimeno y Martins, 2003).

La ubicuidad, característica típica de diferentes especies de hongos determina que las mico-toxinas puedan encontrarse en una gran variedad de productos alimenticios. Sin embargo, la presencia de un hongo en el alimento no indica necesariamente la presencia de mico-toxinas, sino un riesgo potencial de contaminación. Por otra parte, la ausencia de hongos toxigénicos no garantiza que el alimento este exento de mico-toxinas, ya que éstas persisten aún cuando el hongo haya muerto (D'Mello y MacDonald, 1997).

La contaminación de los alimentos por los llamados hongos de campo o de pre-cosecha (géneros más comunes como *Fusarium ssp.* y *Alternaria ssp.*) puede ocurrir durante el periodo de crecimiento, y maduración de la planta, especialmente en las semillas. Después de la cosecha el riesgo proviene de otros hongos de géneros como

Aspergillus ssp, *Penicillium ssp* y *Rhizopus ssp* bajo condiciones inadecuadas de humedad y temperatura en el almacenaje. Aunque se controlen las condiciones en el almacenaje, la contaminación que proviene del campo no puede eliminarse y la presencia de diferentes mico-toxinas en los diferentes puntos intermedios de la cadena alimentaria es casi inevitable (Bennett y Klich, 2003; Smith, 2005).

La distribución de las mico-toxinas, aunque generalizada, sigue patrones definidos por la variación de los factores climáticos (temperatura y humedad), el pH y la preferencia de los hongos por el sustrato en diferentes zonas geográficas. Es así como la presencia de aflatoxinas en cereales y otros ingredientes de origen vegetal es generalizada en zonas cálidas y húmedas como en Brasil, Uganda, India, Nigeria, sur de Estados Unidos y ciertas partes de Australia (D'Mello y MacDonald, 1997; Sweeney y Dobson, 1998; Santín, 2005).

Tradicionalmente los hongos se han dividido en especies de campo o de almacenaje, por su presencia mayoritaria en el campo o en las bodegas. Los de campo requieren altas condiciones de humedad (20-21%) e incluyen los géneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Diplodia* y *Gibberella* entre otros. Los de bodega requieren menos humedad (13-18%) y normalmente no representan problema antes de la cosecha. Este grupo lo forman principalmente los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. □ Por lo tanto, las mico-toxinas pueden entrar en la cadena alimentaria desde el mismo cultivo, en el almacenamiento de los alimentos y materias primas y en otros puntos intermedios del proceso, como manipulación, embalaje y transporte (Bennett y Klich, 2003; Santín, 2005). □

La producción de mico-toxinas depende de diferentes factores:

Factores Biológicos.

Muchos de los hongos toxigénicos son también patógenos de las plantas. Por ejemplo, la putrefacción del maíz se atribuye principalmente al *Aspergillus flavus* y se ha observado una estrecha correlación entre el grado de crecimiento del hongo y la producción de mico-toxina. El cultivo de genotipos de maíz susceptibles al hongo produce semillas con altos niveles de contaminación con toxina. Como ya se ha planteado anteriormente, la colonización puede ocurrir por una o más especies de hongos y la producción de mico-toxinas puede estar influenciada por la interacción entre estos. También hay diferencia en la producción de toxina según sea la cepa o estirpe del hongo; por ejemplo, hay una cepa de *Aspergillus flavus* que no produce aflatoxina, mientras que la gran mayoría de cepas sí son productoras (Sanchís *et al.*, 2000).

La presencia de organismos invertebrados en los cultivos, se convierte en un factor diseminador del hongo y por lo tanto contribuye a su crecimiento y multiplicación. El propio metabolismo del insecto, aporta humedad al sustrato que posteriormente el hongo aprovechará para su crecimiento y desarrollo (Blandon, 2011).

Factores Físicos

La cantidad de agua en el ambiente y en los sustratos es un factor importante para el desarrollo de los hongos y su producción de toxinas. Sin embargo, la forma en que se presenta esta humedad, también es determinante para el desarrollo de los hongos. Así, el agua libre que se encuentra dentro y en la periferia de las células y tejidos, es la que utiliza el hongo para la germinación de sus esporas, mientras que el agua combinada que forma parte de las células y se encuentra unida a proteínas y glúcidos, es menos disponible para éstos. El agua disponible, llamada también actividad de agua

(a_w), expresa la relación entre el agua libre de los alimentos y la capacidad de proliferar de los microorganismos. En otras palabras, indica la cantidad de agua disponible para el desarrollo de los microorganismos, una vez se ha alcanzado el equilibrio hídrico del sistema sustrato- medio ambiente. El valor de a_w que los diversos grupos de hongos necesita varía de acuerdo al sustrato y la temperatura (Gimeno y Martins, 2003).

La mayoría de hongos se desarrollan a partir de valores de a_w de 0.70. Sin embargo, cada género presenta condiciones particulares muy definidas (Samapundo *et al.*, 2005).

La presencia de agua en las cosechas depende estrechamente de la estacionalidad y los microclimas que se crean en los campos o a nivel del almacenaje. Por ejemplo, en verano o en zonas cálidas, el aire de la periferia tiene una temperatura más elevada que la del interior, creando el fenómeno de convección, condensando humedad y actuando de manera directa en el desarrollo fúngico y en la producción de toxina. Cuando la humedad lo facilita, los hongos productores de mico-toxinas pueden crecer de forma natural entre un rango de temperatura que va de -3 a 40°C. La temperatura óptima para su desarrollo, se encuentra entre los 25 y 30°C, con un límite máximo de 45°C. Sin embargo, se ha identificado crecimiento de hongos *Aspergillus* a 55°C (Gimeno, 1999).

Según Gimeno y Martins (2003), el desarrollo de los hongos depende de la estrecha interacción entre los dos factores, humedad y temperatura. Indican que, a título de ejemplo, con un valor de a_w de 0.85 y a 20°C (equivalente aprox. a 15-16% de humedad del sustrato), las esporas fúngicas germinan en un periodo de 5 a 12 días; mientras que con una a_w de 0.75 (aprox. 13-14% de humedad del sustrato) y a la misma temperatura (20°C), las esporas tardan en germinar de 4 a 12 semanas.

Factores Químicos

Por regla general se sabe que la utilización de fungicidas en los cultivos y en los productos almacenados reduce considerablemente su carga de hongos, y por consiguiente la posibilidad de encontrar en ellos altas cantidades de toxinas. Lo que no se ha tenido en cuenta, como menciona D'Mello y MacDonald (1997), es que cuando se aplica el fungicida en concentraciones no letales, puede actuar en beneficio de la producción de toxina por parte del hongo. También las mezclas de diferentes fungicidas pueden inhibir la producción de una toxina específica, pero a la vez pueden estimular la producción de otra.

Los hongos tienen la capacidad de tolerar un gran rango de pH que va desde 2,5 a 7,5 y tienden a soportar más los medios ácidos que los básicos. Tienen la capacidad de modificar el pH del sustrato para su propio beneficio, utilizando los ácidos orgánicos de los propios sustratos o los producidos por otros microorganismos presentes durante el deterioro del alimento, asegurándose la viabilidad y posterior producción de toxinas (Blandon, 2011).

Composición del Sustrato

Los hongos no son exigentes desde el punto de vista nutricional y se pueden nutrir de un amplio grupo de principios nutritivos. Sin embargo, la composición del sustrato donde se instala va a determinar drásticamente la producción de toxinas. Si el sustrato es amiláceo u oleaginoso condiciona la producción de mico-toxinas. Por ejemplo, en condiciones óptimas de temperatura y humedad, se ha descrito un crecimiento del hongo muy alto y la producción de toxina baja en productos oleaginosos como la soja, comparada con cultivos amiláceos como el maíz y el trigo (Gimeno, 1999).

La composición mineral también juega un papel importante en la producción de toxina por parte del hongo. El zinc y el cobre son esenciales en este proceso. A nivel de laboratorio se evidenció que con la disminución de estos dos elementos, la producción de ocratoxina era casi nula, mientras que la producción de aflatoxina B1 se triplicaba con la incorporación de iones de Zn, Cu y Fe (Jones *et al.*, 1994 ; Cuero y Ouellet, 2005).

Los hongos son organismos aerobios y por lo tanto necesitan del oxígeno para sus reacciones metabólicas. La presencia de un ambiente con una baja presión de oxígeno reduce el crecimiento del hongo y, por lo tanto, la producción de toxina. Según Gimeno (1999) una atmósfera con 20-40% de CO₂ combinada con una temperatura y humedad reducida (17° C), previenen la formación de aflatoxina en el cacahuete.

2.3.1. Las mico-toxinas más importantes

En la actualidad, hay descritos más de 300 tipos de éstos metabolitos secundarios. Entre ellos, sólo unos cuantos reciben una atención especial por su gran poder toxigénico sobre los animales y el hombre. Los géneros de hongos más importantes por su producción de moléculas potencialmente tóxicas, son el *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*. Una sola especie de hongos puede producir una o más clases de micotoxinas. Así, por ejemplo, *Aspergillus Flavus* es considerado el principal productor de aflatoxinas, pero también tiene la capacidad de producir ácido ciclopiazónico (Hussein y Brasel, 2001) .

AFLATOXINAS.

Son producidas principalmente por *A. flavus* y *A. parasiticus*. Existen por lo menos 18 tipos de estas moléculas, de las cuales las más importantes son la B1, M1

(derivado metabólico de la B1), la G1, M2 (derivado metabólico de la B2), B2 y G2 . (denominaciones debidas a las reacciones de fluorescencia bajo luz ultravioleta de cada molécula , Blue y Green) (Bennett y Klich, 2003).

Químicamente son mitades de dihidrofuranos o tetrahidrofuranos unidos a un anillo cumarínico. Son estructuras altamente estables en el medio ácido del tracto digestivo, hasta ser absorbidas en el intestino y encontrar los receptores adecuados para su posterior metabolismo (Hussein y Brasel, 2001).

Su absorción, distribución y eliminación es relativamente rápida; y una vez absorbida, se acumula en el hígado y otros tejidos donde es metabolizada. Los metabolitos resultantes de esta primera fase se unen a macromoléculas (proteínas y ácidos nucleicos) y los restantes son excretados en orina y heces, o almacenados en glándulas mamarias de mamíferos en forma de aflatoxina M1. El metabolismo y acción de la aflatoxina B1 en el hígado y otros tejidos se ha descrito en numerosos trabajos. Su principal acción es hepatotóxica. A nivel microsomal se metaboliza a diferentes formas denominadas aflatoxina P1, M1, Q1 y el metabolito 8-9-epóxido. En el hígado, los enzimas citocromo P450 son responsables de la activación de diferentes xenobióticos, entre ellos las aflatoxinas (Polan *et al.*, 1974; Díaz *et al.*, 2004; Gonzales y Yu, 2006).

El mecanismo de acción de las aflatoxinas incluye sus metabolitos intermedios que pueden reaccionar o unirse a otras moléculas del ADN con la consecuente interrupción de los procesos de transcripción y translación, provocando desordenes genéticos (mutación) para desencadenar en procesos cancerígenos (Coulombe, 1993; Bennett y Klich, 2003).

Ocratoxina A (OTA)

Es producida principalmente por *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium Verrucosum*, *P. Nordicum* y *Penicillium Cyclopium*. Aunque hay descritos por lo menos 7 tipos de ocratoxinas, la más representativa es la OTA por su actividad nefrotóxica, hepatotóxica e inmunosupresora. La ocratoxina A es una molécula derivada de los compuestos 3,4-dihidrometilisocumarínicos, y formada por una mitad de isocumarina unida por una amida al aminoácido L-β-fenilalanina (Sharma, 1993; Leeson *et al.*, 1995; Hussein y Brasel, 2001; Bennett y Klich, 2003; Riley y Pestka, 2005; Surai y Dvorska, 2005).

Por sus propiedades físico-químicas, se absorbe fácilmente en el tracto gastrointestinal, siendo su biodisponibilidad superior al 50% en la mayoría de especies estudiadas. El mecanismo de acción de la ocratoxina aún no es muy claro, pero la similitud de su estructura con la fenilalanina y el hecho de inhibir enzimas y procesos que dependen de este aminoácido, hace pensar que la OTA actúa interrumpiendo el metabolismo del aminoácido. La OTA también presenta alta afinidad por las proteínas plasmáticas, lo que supondría una larga persistencia en el organismo hasta su eliminación vía renal y hepato-biliar. Se ha demostrado que la OTA influye sobre el metabolismo de la glucosa, provocando una acumulación de glucógeno en el hígado al inhibir la activación por parte del AMP-cíclico de la fosforilasa quinasa, responsable de la transformación del glucógeno en glucosa 1- P. Además causa un aumento de glucosa en sangre, por la inhibición de la actividad fosfoenol piruvato carboxiquinasa (PEPCK), enzima clave en la gluconeogénesis renal (Marquardt y Frohlich, 1992; Lopez de Cerain *et al.*, 2000; Hussein y Brasel, 2001; Bennett y Klich, 2003; Riley y Pestka, 2005).

Zearalenona (ZEA)

Es un metabolito con efectos estrogénicos, no esteroidal, producido por el género de hongos *Fusarium*, principalmente *F. graminearum*, *F. roseum*, *F. moniliforme* y *F. tricinctum*, entre otros. □ La ZEA es una estructura consistente en un resorcinol unido a un grupo lactona macrocíclico de 14 carbonos. Químicamente es el ácido 6-(10-hidroxi-6-oxo- trans-1-undecenil)-beta-resorcinol lactónico. Esta estructura es lo suficientemente flexible para adaptarse y ser capaz de unirse a los receptores estrogénicos de los mamíferos, aunque la afinidad sea menor que la de los estrógenos naturales como el 17-beta estradiol, el estriol y la estrona (Shier *et al.*, 2001; Malekinejad *et al.*, 2005).

A pesar de la estructura no esteroidal de la ZEA y sus metabolitos, su similitud con la estructura del estradiol, hace que se unan a los receptores estrogénicos de la membrana, activándolos y provocando el síndrome hiper estrogénico. Una vez en el citosol y otros orgánulos de los hepatocitos, empieza a ocurrir la bio-transformación por dos vías: la primera es por hidroxilación de la ZEA para producir alfa y beta-zearalenol. Se ha demostrado que la ZEA y sus metabolitos (alfa-zearalenol y beta-zearalenol) tienen diferente grado de poder estrogénico. La alfa y la beta-zearalenol son catalizadas por el enzima 3 α y la 3 β -hidroxiesteroide dehidrogenasa respectivamente y su actividad determina el grado de toxicidad que sufre la especie animal involucrada (Hussein y Brasel, 2001; Malekinejad *et al.*, 2005; Riley y Pestka, 2005).

La segunda vía de bio-transformación corresponde a la conjugación de la ZEA y sus metabolitos reducidos con ácido glucurónico, y catalizados por la enzima uridina difosfato glucuronil transferasa. La glucuronidación facilita la pre-eliminación sistémica de la toxina a la vez que prolonga la limpieza total del sistema por medio de la

recirculación entero-hepática. En un estudio se evidenció las diferencias de perfiles de metabolitos tóxicos entre la bilis y el plasma analizado, sugiriendo que la mucosa intestinal se activa para reducir ZEA a zearalenol y conjugar posteriormente estos metabolitos con el ácido glucurónico (Olsen y Kiessling, 1983; Biehl *et al.*, 1993).

Tricotecenos

Los tricotecenos son otro grupo de toxinas producidas por el género *Fusarium* con efectos perjudiciales sobre la salud y la productividad animal. Este grupo incluye más de 40 compuestos derivados, de donde se destacan la toxina T2, el deoxynivalenol (DON, llamada también vomitoxina por sus efectos eméticos), nivalenol, mono y diacetoxyscirpenol. Este grupo recibe esta denominación por poseer en su estructura química, un esqueleto tetracíclico conocido como 12,13-epoxitricotec-9-eno. El principal suceso asociado a su ingestión por los animales es la irritación de los tejidos y en especial de la mucosa intestinal, con manifestación de lesiones orales y dermatitis. Los tricotecenos son, después de la aflatoxina, las toxinas más inmunomoduladoras de las producidas por los hongos. El principal mecanismo de acción es afectar la respuesta inmune celular por incidencia directa sobre la médula ósea, bazo, tejido linfoide, timo y mucosa intestinal, donde las células que se dividen activamente son inmediatamente dañadas. La citotoxicidad se le atribuye a este grupo, por su potente inhibición de síntesis de proteínas, ARN y ADN (Hussein y Brasel, 2001; Devegowda y Murthy, 2005).

Químicamente los tricotecenos se dividen en dos grupos llamados macrocíclicos y no macrocíclicos, dependiendo de la presencia del anillo macrocíclico entre los carbonos 4 y 15. Los no macrocíclicos a su vez, se dividen en tipo A y B. El tipo A comprende las toxinas diacetoxyscirpenol, Toxina T2 y sus derivados. En el tipo B

podemos encontrar la deoxynivalenol, nivalenol y otros metabolitos menos estudiados. □ Los tricotecenos son metabolizados en dos fases. En la primera fase se presentan reacciones de hidrólisis, oxidación y reducción. La hidrólisis de ésteres parece ser la principal vía en el metabolismo de los tricotecenos que contienen estos grupos químicos. Sin embargo, la hidrólisis inicial produce metabolitos con igual toxicidad al de los compuestos iniciales u otros derivados, por lo que este paso no se considera como un proceso de detoxificación importante, hasta donde ocurre la hidrólisis por esterasas donde se producen alcoholes menos tóxicos. En la segunda fase, ocurren reacciones de bio-transformación, como por ejemplo la conjugación con glucurónico, principalmente de las toxinas diacetoxyscirpenol (DAS), Toxina T2 y deoxynivalenol (DON) y los correspondientes metabolitos. Los compuestos modificados se excretan principalmente vía bilis al tracto gastrointestinal. Una vez en el tracto digestivo puede ocurrir una nueva ruptura del complejo por la micro flora intestinal y quedar libre la toxina para ser de nuevo absorbida. Así, el proceso de recirculación entero-hepática puede retrasar la excreción y aumentar la toxicidad (Leeson *et al.*, 1995).

Fumonisin

Las fumonisin incluyen los tipos FB1, FB2 y FB3, constituyendo parte del grupo de mico-toxinas producidas por el hongo *Fusarium moniliforme*. Se componen de una larga cadena hidrocarbonada, altamente polar, que le confiere sus propiedades toxigénicas (Hussein y Brasel, 2001).

La fumonisin B1 es la más tóxica de su grupo y se ha demostrado que también puede tener propiedades teratogénicas. Se cree que pueden existir otros compuestos secundarios igualmente tóxicos, que aún no han sido descubiertos debido a la naturaleza hidrofílica de las fumonisin. □ En diferentes estudios, se ha manifestado el poder

toxico de esta molécula, particularmente en modelo murino. En estas especies se ha encontrado que la toxina produce un descenso en la ganancia de peso y en el consumo de alimento con dosis de 50 a 250 mg/kg en periodos cortos de tiempo; mientras que en periodos largos, dosis de 10 mg/kg manifiesta efectos tóxicos y dosis de 1 mg/kg no lo hacen. En otro estudio en ratones, suministrando por sonda diferentes niveles de toxina, se observó que con dosis de 35 y 75 mg/kg de FB1, el peso y el consumo decrecieron; con dosis de 5 a 35 mg/kg ya se observaba cambios morfológicos y con dosis de 15 mg/kg ya se presentaba hepato-toxicidad (Bondy *et al.*, 1997; Gelderblom *et al.*, 1997, 1988).

Se ha evidenciado que las fumonisinas, mediante un mecanismo de acción subyacente, producen su toxicidad por interrupción del metabolismo lipídico, inhibiendo la ceramida sintetasa, enzima clave en la formación de ceramida y otros complejos esfingolípidos. La fumonisina B1 induce apoptosis de los hepatocitos y células tubulares del riñón (nefrotóxica) y puede producir necrosis secundaria. Se ha sugerido que la apoptosis es consecuencia de la inhibición e interrupción del metabolismo de lipoproteínas o esfingolípidos. Estructuralmente, las fumonisinas se asemejan a la esfingosina y a la esfingonina y quizá ello sea un factor clave para que se produzca el bloqueo de la síntesis de los esfingolípidos y actúen como factor mitogénico por la acumulación de bases esfingoides, alterando así la transformación celular. La formación de ceramida, que posteriormente se convertirá en otros esfingolípidos más complejos como por ejemplo la esfingomielina, se cataliza por la esfingonina *N*-acil transferasa, enzima que es inhibida por la mico-toxina Fumonisin B1 (FB1). En una revisión se encontró que la fumonisina bloqueó la formación de esfingolípidos en células neuronales, que se presentaba acumulación de esfingonina en todas las células tratadas con la toxina y que la síntesis de esfingomielina se afecta diferencialmente con

las concentraciones de fumonisina. Es por ello que se les atribuye el síndrome a estas toxinas de neurotóxico y es asociado a la leucoencefalomalacia. Las fumonisinas, además del cerebro, también actúan directamente sobre órganos vitales como, pulmón, hígado, riñones y corazón. (Wang *et al.*, 1991; Merrill *et al.*, 1993; Schroeder *et al.*, 1994; Desai *et al.*, 2002; Bennett y Klich, 2003; Riley y Pestka, 2005; Surai y Dvorska, 2005).

2.3.2. Efectos sobre la salud y productividad

Las mico-toxinas pueden causar diferentes enfermedades llamadas *micotoxicosis*, y su toxicidad puede ser aguda, crónica o sub crónica. Entre sus efectos destacan los efectos teratogénicos, mutagénicos y carcinogénicos de algunas de ellas sobre animales y humanos. Ciertamente, la micotoxicosis crónica es difícil de reconocer y aún hay mucha incertidumbre en cuanto a la evaluación del grado de exposición (Galvano *et al.*, 2005).

Así como los cerdos, las aves también son afectadas desfavorablemente tanto por la T2 como por DON, pero resisten más la ZEA. No obstante, se ha descrito que con altas concentraciones de ZEA en la dieta se puede observar alteraciones en las características sexuales secundarias en pavos y pollos. A este efecto se suma el riesgo de que los residuos en la yema del huevo puedan tener implicaciones en la salud humana debido a las propiedades estrogénicas y genotóxicas de la ZEA (Devegowda y Murthy, 2005).

La aflatoxina B1 afecta fundamentalmente a las aves, cerdos y otros no rumiantes. La AFB1 parece ser la que más daño produce en las aves, ya que varios investigadores citan como efecto el daño hepático, con necrosis, hiperplasia de conductos biliares, petequias y hemorragias a nivel de órganos internos. El consumo de

aflatoxina B1 puede propiciar el desarrollo paralelo de otras patologías como salmonelosis, coccidiosis y la bursitis infecciosa (Smith *et al.*, 1992; Jand *et al.*, 1995; Denli *et al.*, 2005).

La ocratoxina es nefro-tóxica para todas las especies animales. Se ha descrito sintomatologías que incluyen la anorexia, debilidad, incoordinación de movimientos y aumento del consumo de agua, hasta la neuropatía toxica. El consumo de alimentos contaminados con OTA a niveles de 1,0 mg/kg puede causar también una reducción en la digestión de la proteína y la energía (Verma *et al.*, 2002).

En general, las dosis elevadas de OTA en las aves y cerdos se asocian con daño renal, anorexia, debilidad, pérdida de peso e incremento de la mortalidad tras el consumo de la toxina. La exposición crónica a la toxina induce un descenso en los consumos de pienso, incremento en los consumos de agua, deshidratación y por consiguiente descensos productivos (Marquardt y Frohlich, 1992).

Las fumonisinas, además de reducir la ganancia de peso en broilers y causar diarreas en gallinas de puesta, también ejercen su efecto negativo en los équidos, siendo la especie más sensible a esta mico-toxina. Su acción sobre esta especie se ha relacionado con la aparición de diferentes síndromes, como son la Leucoencefalomalacia Equina (ELEM), además de perjudicar la función inmune, puede causar daño hepático y renal, y disminuir el normal desarrollo del animal hasta provocar su muerte (Javed *et al.*, 1993; Newman y Raymond, 2005).

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Localización y Duración

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de abril a junio del año 2013, en las instalaciones de producción de aves del Instituto Superior Tecnológico Illimo.

La ciudad de Illimo se encuentra al noreste del departamento de Lambayeque, a 20 kilómetros de la ciudad de Lambayeque, por la antigua carretera Panamericana norte.

La fase de campo tuvo una duración efectiva de 42 días, involucrando todas las fases de crianza de pollos de carne (Inicio, Crecimiento y Acabado), de dos semanas cada una.

3.2. Tratamientos Evaluados

Se conformaron tres tratamientos para ser evaluados con diferentes niveles de zeolitas (aluminosilicatos) en la dieta:

T₁: Testigo, sin zeolitas en la dieta.

T₂: 0.075% de zeolitas en la dieta.

T₃: 0.15% de zeolitas en la dieta.

3.3. Material y Equipo Experimentales

3.3.1. Animales

Se emplearon cien pollos Cobb de un día de edad, de ambos sexos, homogéneos en peso corporal. Los pollos procedieron de una planta incubadora de Trujillo.

3.3.2. Alimento

Se emplearon raciones iso-energéticas e iso-proteicas para cubrir las necesidades de los pollos. Se utilizaron dos raciones, una hasta los 21 días de edad y la siguiente hasta los 42 días de edad, para cubrir 3.0 Mcal de E. M. y 21% de proteína cruda en la primera y 3.2 Mcal de E. M. y 19% de proteína cruda en la segunda.

La composición porcentual de las raciones se presenta en el Cuadro N° 3.1., para el testigo.

Cuadro N° 3.1. Composición (%) de la ración testigo para pollos de carne

Insumos	Inicio	Crecimiento
Maíz amarillo, grano molido	60.00	61.00
Afrecho de trigo	01.00	01.00
Torta de soja	30.04	32.10
Harina de pescado	03.00	-----
Aceite de soja	02.00	03.00
Carbonato de calcio	01.83	01.52
Fosfato di-cálcico	01.15	00.61
Pre-mezcla vitamínico-mineral	00.10	00.10
Bio Mos	00.10	00.10
Cloruro de colina	00.20	00.15
Bicarbonato de sodio	00.05	00.05
DL-Metionina	00.19	00.05
Sal común	00.18	00.16
Coccidiostato	00.05	00.05
Mold Zapp	00.05	00.05
Allzyme SSF	00.06	00.06
TOTAL	100.00	100.00
Aporte estimado de*:		
Proteína cruda	20.04	19.40
Energía Metabolizable, Mcal/ kilo	03.10	03.20

* Según McDOWELL *et al.* (1974)

Para incluir el producto evaluado, en las proporciones indicadas en los tratamientos, se reemplazó la misma proporción de maíz.

El producto evaluado es comercializado con la denominación de Toxibond® por la empresa Phartec Perú, la que alcanza la siguiente descripción:

TOXIBOND®

COMPOSICION

TOXIBOND® es un Aluminio Silicato de Sodio y Calcio Hidratado y Activado (HSCAS), inocuo para humanos y animales, que por su composición y propiedades físico químicas (como pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, Expansibilidad, Granulometría, Tamaño de Poros, Absorción de Agua y Temperatura de Activación, etc.), puede ser usado como Adsorbente de amplio espectro.

TOXIBOND® actúa también como anti apelmazante reduciendo los focos de humedad en granos y alimentos almacenados, evitando las costras o pastas que se constituyen en puntos críticos de contaminación con hongos y posteriormente con mico-toxinas generadas por estos.

INDICACIONES

Cuando un animal consume alimento contaminado con mico-toxinas, los residuos de éstas pueden encontrarse en el hígado, los riñones, los músculos, el huevo, la leche, la sangre, la orina y las heces.

El consumo de alimentos de origen animal contaminados con mico-toxinas ponen en peligro la salud humana puesto que es difícil establecer la etiología y enfermedades de tipo crónico que se puedan ocasionar.

El animal al consumir un pienso contaminado con mico-toxinas puede alterar en su metabolismo la estructura original en metabolitos que en la mayoría de los casos resultan ser más tóxicos que las mico-toxinas sin modificar.

DOSIFICACION Y ESPECIES DE DESTINO

TOXIBOND® debe usarse a razón de 2.5 Kg por cada tonelada de alimento en todas las especies animales.

MECANISMO DE ACCION

TOXIBOND® posee baja capacidad de intercambio catiónica y cargas eléctricas bipolares, lo que constituye en una excelente alternativa para adsorber (ligar eléctricamente a una amplia gama de mico-toxinas, entre las que se pueden citar: **Aflatoxina, Zearalenona, Ocratoxina, Vomitoxina, Fuminosina, T₂ y Citrinina.**

TOXIBOND® se liga a los grupos químicos activos de las toxinas por fuerzas de Vander Waals, convirtiéndolas en compuestos de mayor tamaño evitando con esto su absorción a nivel del intestino delgado.

BENEFICIOS

TOXIBOND® no es expansible por lo que tiene una baja capacidad de retención de agua, motivo por el cual no puede absorber vitaminas, minerales, medicamentos u otros ingredientes activos del alimento.

TOXIBOND® puede ser utilizado también como ayudante de peletizado.

TOXIBOND® posee una granulometría adecuada, la cual permite una mezcla homogénea y con un bajo índice de polvo impalpable que permite atrapar y retener toxinas hasta que sean expulsadas del tracto gastrointestinal.

TOXIBOND® mejora la fluidez de las materias primas y los ingredientes durante el proceso de fabricación de alimentos concentrados balanceados.

TOXIBOND® incrementa los parámetros productivos y económicos; de acuerdo con los resultados obtenidos en pruebas *in vivo* en las diferentes especies.

ALMACENAMIENTO

Consérvese almacenado en un lugar fresco y seco.

PRESENTACION

Bolsas de polivinilo con bolsa interna de polietileno x 25 Kg.

Para el presente trabajo de investigación se creyó conveniente ensayar con proporciones diferentes a las recomendadas por la empresa comercializadora; así, con 2.5 kilos por tonelada de alimento, la proporción recomendada es de 0.25% y se utilizó en 0.075% en T₂ y en 0.15% en T₃.

3.3.3. Instalaciones y Equipo

- Corrales, hechos con malla de pescar y con cama de pajilla de arroz.
- Comederos tipo tolva y bebederos lineales.
- Balanza tipo reloj.
- Balanza electrónica, con una precisión de 1 g.
- Cintas plásticas y plumón marcador con tinta indeleble.
- Planillas de registros para pesos corporales, suministro y residuo de alimento.
- Además del equipo típico de una granja avícola.

3.4. Metodología Experimental

3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis

Se realizó el siguiente planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_a: AL MENOS UNA MEDIA DIFIERE DEL RESTO

Las hipótesis se contrastaron mediante un Diseño Irrestrictamente al Azar que responde al siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij}$$

En el que:

Y_{ij} , es la variable evaluada;

μ , es el verdadero efecto medio;

τ_i , es el verdadero efecto del i-ésimo tratamiento;

ξ_{ij} , es el verdadero efecto de la j-ésima unidad experimental sujeta a los efectos del i-ésimo tratamiento (error experimental).

Se toleró una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I (OSTLE, 1979; SCHEFFLER, 1982).

3.4.2. Técnicas Experimentales

Los animales fueron asignados aleatoriamente a cada uno de los tratamientos. Cada pollito fue identificado con una banda plástica numerada y sujeta al tarso y se procedió a tomar el peso inicial y luego se pesaron cada 14 días, hasta completar los 42 días de edad. Conforme los pollos fueron creciendo se les cambió la banda plástica para evitar que ejerciera demasiada presión sobre la patita y se rompiera y confundiera la numeración asignada a cada pollo.

Hechos los corrales, se procedió a realizar la limpieza y desinfección (producto comercial con amonio cuaternario y glutaraldehído) y se estableció un vacío sanitario que duró una semana, hasta que llegaron los pollitos. Se dispuso de pajilla de arroz como material de cama, con una profundidad de cinco centímetros. En los primeros diez días se puso sobre la cama papel arrugado de periódicos. A los once días los pollitos pisaron directamente la pajilla. La pajilla fue revisada periódicamente para determinar si estaba húmeda; cuando se detectaba este estado se procedía a cambiar esa parte de la cama, lo que normalmente ocurrió alrededor de los bebederos. Los corrales se hicieron para mantener siete pollos por metro cuadrado.

Los insumos alimenticios, así como el producto evaluado, fueron adquiridos de un proveedor en el mercado mayorista (Moshoqueque) de la ciudad de Chiclayo y trasladados a la unidad de producción del Instituto Illimo, aquí se hizo la combinación de los insumos en las proporciones, para cada edad, mostradas en el Cuadro N° 3.1. El proceso de mezclado se realizó en el piso con ayuda de palana, previamente se limpió y desinfectó el piso y la palana; el proceso de mezclado fue progresivo, esto implica que los insumos fueron incorporándose en la mezcla en un determinado orden, primero se combinaron los insumos cuya proporción es pequeña en la fórmula (aditivos) y luego esta pre-mezcla se incorporó dentro del maíz mezclándose homogéneamente, luego fueron incorporados el resto de insumos, uno a uno después de lograr la completa homogeneización del anterior.

La introducción del producto se hizo en reemplazo de la misma proporción de maíz; debido a que sólo fue 0.075 y 0.15%, no se afectó la concentración total de proteína y energía, ni la relación energía: proteína.

El alimento se suministró para generar consumo *ad libitum*, pero suministrándolo en cantidades pesadas todos los días. El consumo de alimento se determinó por diferencia entre el suministro y el residuo de alimento.

Para evitar problemas sanitarios se procedió a la vacunación contra Gumboro, New Castle y Bronquitis; la vacunación fue individual en el ojo y se realizó a los diez y a los diecisiete días de edad. Además, se prohibió el ingreso de personas ajenas al ensayo. Como medida preventiva se empleó la fumigación de calzado cada vez que la responsable del proyecto ingresaba al galpón.

Toda la información fue registrada en una libreta de campo y vaciada a un cuaderno, hasta su posterior análisis e interpretación (fase de gabinete) y posterior redacción del informe final.

3.4.3. Variables Evaluadas

La información generada permitió generar y evaluar las siguientes variables:

- Consumo de alimento
- Peso y cambios en el peso vivo
- Conversión alimenticia (kilos consumidos de alimento por kilo incrementado de peso vivo)
- Mérito económico (nuevos soles gastados en alimento consumido por kilo incrementado de peso vivo)

3.4.4. Análisis Estadístico

Se aplicó el siguiente análisis estadístico:

Prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas con el peso inicial y los incrementos de peso, con la finalidad de comprobar la distribución homogénea de las varianzas residuales (homocedasticidad) y la ausencia de efectos multiplicativos (aditividad), que son exigencias para aplicar el análisis de la varianza.

Análisis de la varianza con los incrementos de peso vivo; cuando el valor de F fue significativo se procedió a aplicar la prueba de recorrido múltiple de Duncan. El esquema del análisis de varianza se presenta en el Cuadro N° 3.2.

Análisis de covarianza entre el peso inicial (X) y los incrementos de peso (Y) para determinar si hubo efecto significativo de la variable concomitante y, de haberlo, aplicar la corrección pertinente.

Debido a que la información de consumo, conversión alimenticia y mérito económico es grupal, no se pudo aplicar el análisis de varianza; por tal motivo, se procedió a realizar el comparativo porcentual entre los tratamientos en los que se puso el producto contra el testigo (referente = 100%).

CUADRO N° 3.2. Esquema del análisis de la varianza del DCA

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F
Media	Myy	1	M	T/ E
Tratamientos	Tyy	$t - 1 = 3$	T	
Residual	Eyy	$t(r-1) = 95$	E	
TOTAL	ΣY^2	$tr = 99$		

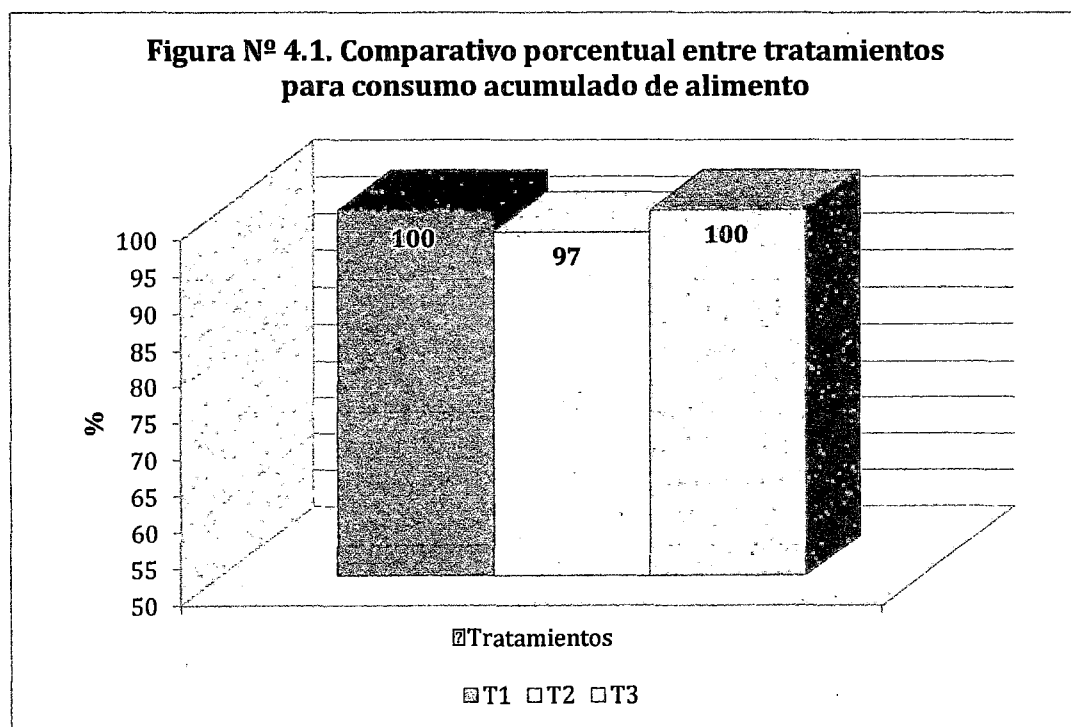
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Consumo de Alimento

Los resultados relacionados con el consumo de alimento se muestran en el Cuadro N° 4.1. En la Figura N° 4.1. se ilustra el comparativo porcentual entre tratamientos.

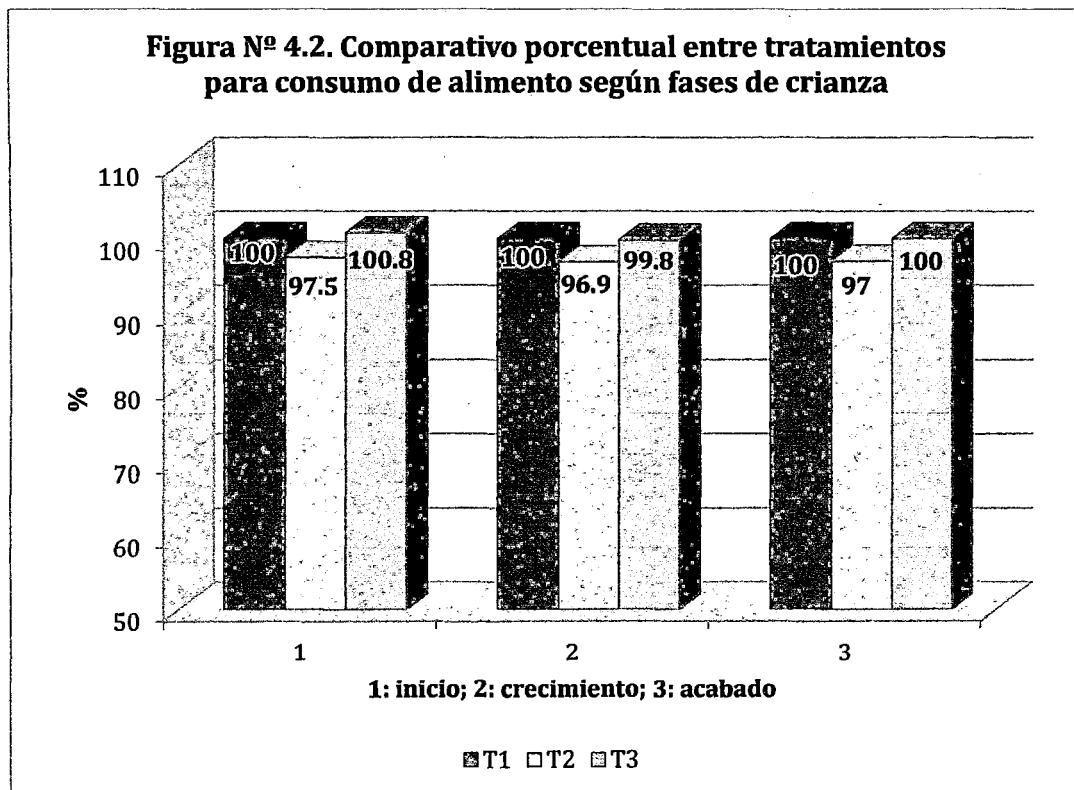
Cuadro N° 4.1. Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron aluminosilicatos (zeolitas) en el alimento

Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pollos por tratamiento	31	32	31
Duración del experimento, días	42	42	42
Aluminosilicatos en el alimento, %	00	0.075	0.15
Consumo, kilos/ pollo:			
- Inicio (1 – 14 días)	0.630	0.614	0.635
- Crecimiento (15 – 28 días)	1.711	1.658	1.707
- Acabado (29 – 42 días)	2.027	1.966	2.026
Acumulado (1 – 42 días)	4.368	4.238	4.368
Comparativo porcentual (acumulado)	100.	97.0	100.



Respectivamente para los tratamientos del primero al tercero, el consumo de alimento fue de 0.630, 0.614 y 0.635 kilos por pollo en los primeros 14 días de edad; de 1.711, 1.658 y 1.707 kilos por pollo entre los días 15 y 28; de 2.027, 1.966 y 2.026 kilos por pollo entre los días 29 y 42. En el mismo orden de tratamientos, el consumo acumulado fue de 4.368, 4.238 y 4.368 kilos por pollo.

Al realizar el comparativo porcentual del consumo acumulado (Figura N° 4.1.) se puede apreciar que la presencia del producto, prácticamente, no tiene efecto sobre el consumo de alimento; en el caso del tratamiento 2 estuvo 3% por debajo del testigo, en tanto que el tratamiento 3 fue igual. El comportamiento del tratamiento 2 fue consistente a lo largo del ensayo, como se puede apreciar en la Figura N° 4.2.



Como se puede apreciar, en todas las fases productivas el tratamiento 2 estuvo por debajo de los otros dos tratamientos; la figura muestra que los bastones que representan al tratamiento 2 indican menor consumo de 2.5, 3.1 y 3% en comparación con el testigo

respectivamente para las fases de inicio, crecimiento y acabado. Se podría asumir que si la presencia del producto merma el consumo esta debería haber sido mayor con el tratamiento en que la proporción del producto se duplicó, lo que no sucedió.

El efecto de la adición de zeolitas en la dieta sobre las tasas de consumo de alimento varía. Oliver (1989) reportó un aumento en el consumo, mientras que Roland *et al.* (1985) no encontraron ninguna variación y Miles *et al.* (1986) reportaron que las gallinas ponedoras que consumieron zeolitas requerían menos cantidad de alimento. Una de las razones de tal discrepancia en los resultados podría ser el balance de la dieta. Una proporción de hasta 10% de zeolitas en la dieta (como puede hacerse cuando se usa zeolita natural) produce cambios en la composición y concentración de algunos elementos en la dieta y de este modo cambios en el contenido de energía, proteína y aminoácidos.

4.2. Peso Vivo e Incremento de Peso Vivo

Los resultados relacionados con el peso vivo e incremento de peso logrado con pollos de carne que recibieron aluminosilicatos en el alimento se presentan en el Cuadro N° 4.2.

Respectivamente para los tratamientos 1, 2 y 3, los pesos promedio iniciales fueron de 48.9, 48.8 y 47.7 gramos por pollo; a los 14 días de edad fueron de 508.7, 552.2 y 602.4 gramos por pollo; a los 28 días de edad fueron de 1122.6, 1127 y 1223.8 gramos por pollo; a los 42 días de edad fueron de 2028.7, 2167.2 y 2417.5 gramos por pollo. Los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Bartlett (Cuadro N° 8.1.) indicaron que la componente residual de varianzas estuvo uniformemente distribuida entre los grupos de tratamientos implementados.

Cuadro N° 4.2. Peso vivo e incremento de peso de pollos de carne que recibieron aluminosilicatos (zeolitas) en el alimento

Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pollos por tratamiento	31	32	31
Duración del experimento, días	42	42	42
Aluminosilicatos en el alimento, %	00	0.075	0.15
Pesos, gramos por pollo:			
- Inicial	48.9	48.8	47.7
- 14 días	588.7	552.2	602.4
- 28 días	1122.6	1127.0	1223.8
- 42 días	2028.7	2167.2	2417.5
Incremento de peso, gramos por pollo:			
- Inicio	539.8 ^B	503.4 ^C	554.7 ^A
- Crecimiento	533.9 ^C	574.8 ^B	621.4 ^A
- Acabado	906.1 ^C	1040.2 ^B	1193.7 ^A
Acumulado	1979.8 ^C	2118.4 ^B	2369.8 ^A
Comparativo porcentual (acumulado)	100.	107.0	119.7

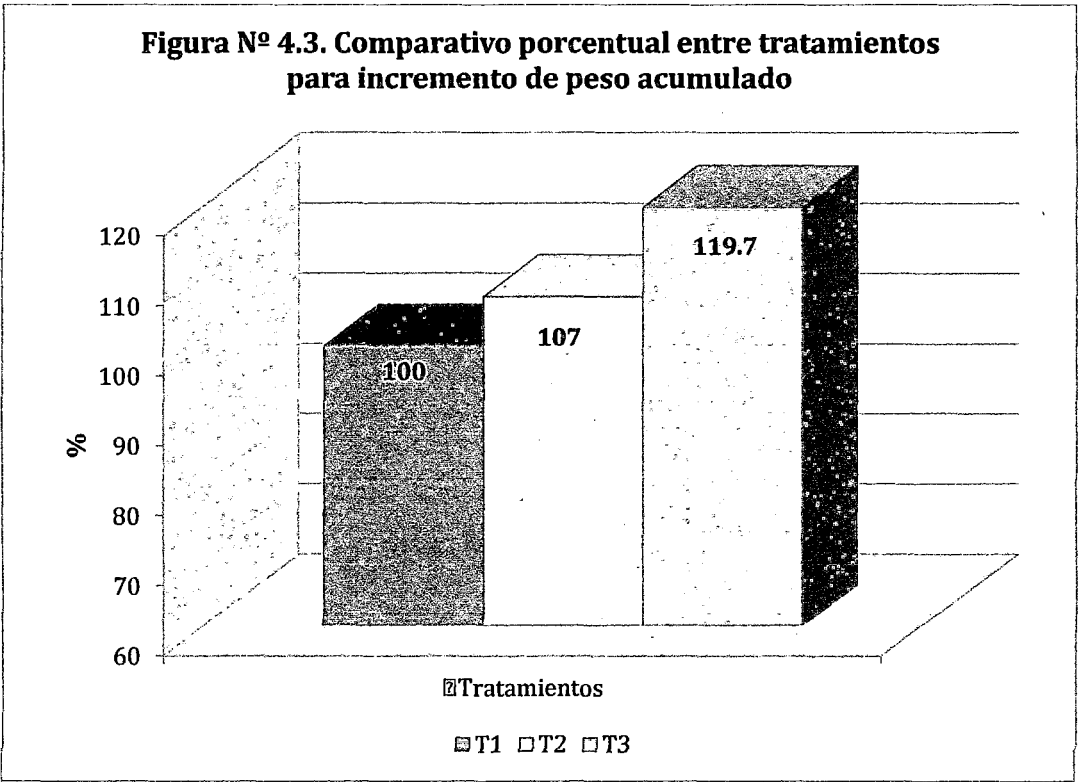
^{A, B} Letras diferentes sobre los promedios indican diferencias significativas ($P \leq 0.01$, Duncan) entre tratamientos dentro de períodos de crianza.

En el mismo orden de tratamientos, los incrementos de peso fueron de 459.8, 503.4 y 554.7 gramos por pollo en el período de Inicio; 613.9, 574.8 y 621.4 gramos por pollo en el período de Crecimiento; 906.1, 1040.2 y 1193.7 gramos por pollo en el período de Acabado; y de 1979.8, 2118.4 y 2369.8 gramos acumulados por pollo.

En los Cuadros N° 8.2., 8.3., 8.4. y 8.5., se presentan las pruebas de homogeneidad de varianzas realizadas con los incrementos de peso para cada uno de los períodos y acumulados, apreciándose que la componente residual de varianzas estuvo uniformemente distribuida entre los tratamientos para cada caso. Estos resultados son indicativos de ausencia de efectos multiplicativos y distribución normal de la información.

En los Cuadros N° 8.6., 8.7., 8.8. y 8.9., se muestran los análisis de la varianzas realizados con los incrementos de peso para cada período de crianza y acumulados, en todos los casos los valores de F fueron altamente significativos ($P \leq 0.01$) y en todos los

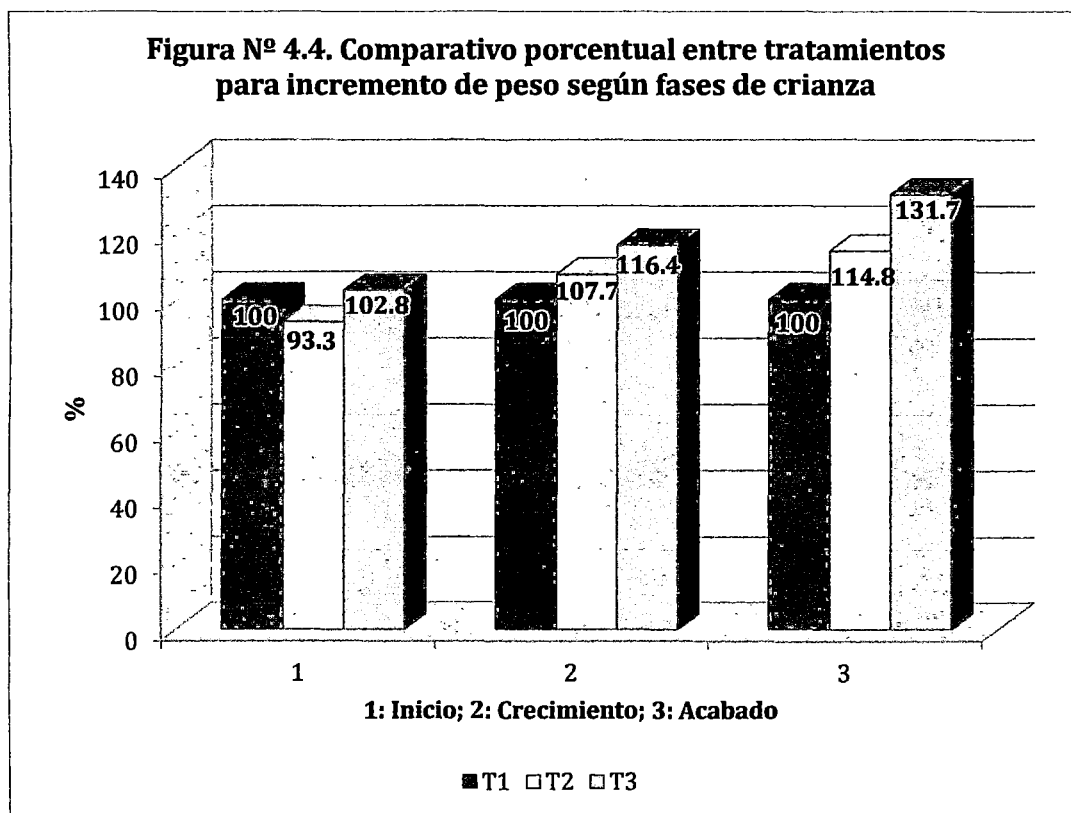
casos el tratamiento 3 fue superior al resto; con excepción del período Inicio, el tratamiento 2 superó al testigo en Crecimiento, Acabado y Acumulado. Los resultados indican la conveniencia del empleo de los aluminosilicatos evaluados en todas las fases de crianza, pero el efecto se va haciendo más marcado conforme avanza la edad de los animales (Figuras N° 4.3. y 4.4.)



La superioridad del tratamiento 3 sobre el testigo fue de 2.8% en el Inicio, de 16.4% en el Crecimiento y de 31.7% en el Acabado; en el caso del tratamiento 2, en el Inicio estuvo por debajo del testigo en 6.7%, pero en el Crecimiento y en el Acabado estuvo 7.7 y 14.8%, respectivamente, por encima. El análisis de covarianza (Cuadro N° 8.10.) mostró que, si bien la regresión fue significativa, el peso inicial ejerció efecto de décimos de gramo sobre el incremento de peso acumulado.

Resulta evidente que la conveniencia del empleo de los aluminosilicatos se acrecentó con el incremento de la edad, lo que podría atribuirse a mayores desafíos sanitarios conforme se incrementó la edad y los pollos fueron pasando a los diferentes

períodos de crianza. Esto es importante si se tiene en cuenta que la costumbre de ingerir material de la cama por parte de los pollos se incrementa con la edad.



Diferentes investigadores (Amaguaña, 1999; Guevara, 1999; Luna, 1999; Romero, 1999; Lema, 2008; Gaibor, 2012) han reportado mejoras en los incrementos de peso cuando se incorporaron aluminosilicatos a la dieta, bajo diversas circunstancias; en varios de tales ensayos se evaluaron proporciones (0.5%) superiores a las ensayadas en el presente trabajo de investigación (0.075 y 0.15% respectivamente para T2 y T3), indicando que es necesario determinar el punto de inflexión para el rendimiento con el producto evaluado en el presente experimento.

La pregunta obvia es, ¿qué hace benéficos a aluminosilicatos para el incremento de peso de los pollos? Generalmente la respuesta se centra en relación con las características sanitarias del alimento; es decir, el control sobre las mico-toxinas. Sin

embargo, muchas de las mico-toxinas ingeridas por los pollos proceden de la cama, del material que ingieren cuando escarban (grit o desperdicio de alimento procedente de las tolvas) que al percibir las condiciones fermentativas que pueden darse en la parte inferior de la cama se contaminan con mico-toxinas. Conforme el pollo es mayor se incrementa su susceptibilidad debido a la mayor ingestión que hace de este material. Sin embargo, bajo condiciones experimentales se hace mejor control de la calidad de la cama, sobre todo porque son porciones relativamente pequeñas de cama que tienen que reemplazarse cuando se moja; pero, la humedad de las excretas de los pollos (mayores cantidades conforme los pollos incrementan la edad porque comen más) también genera desmejora en la condición de la cama. Muchos estudios han demostrado que los aluminosilicatos hidratados, usados comúnmente como agentes anti-torta en los alimentos animales, disminuyen significativamente los efectos adversos de las aflatoxinas en los animales (Harvey *et al.*, 1993; Pimpukdee *et al.*, 2004; Stojšić *et al.*, 2004 y Bailey *et al.*, 2006).

No obstante, a veces no es suficiente con esta explicación. Diferentes investigadores y productores de aluminosilicatos (zeolitas) asumen que poseen otras propiedades que hacen que los pollos ganen más peso. Los efectos fisiológicos de las zeolitas parecen estar relacionados con su alta capacidad de intercambio catiónico que afecta la absorción de tejido y utilización de iones de amonio (Pond, 1995). Por otro lado, se ha demostrado que los aluminosilicatos hidratados reducen la absorción de radionucleótidos del alimento (Chelishchev, 1995; Åhman, 1996 y Viæentijevæ *et al.*, 2006). Los aluminosilicatos son también efectivos como portadores de lenta liberación para muchos medicamentos (Dyer *et al.*, 2000 y Cerri *et al.*, 2004).

Por su alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), los aluminosilicatos pueden atrapar los elementos minerales o sustancias que dentro del tracto

gastrointestinal bloquean a los nutrientes impidiendo su absorción, así permitirían que el organismo disponga de mayor cantidad de sustratos para los procesos de síntesis de tejido.

4.3. Conversión Alimenticia

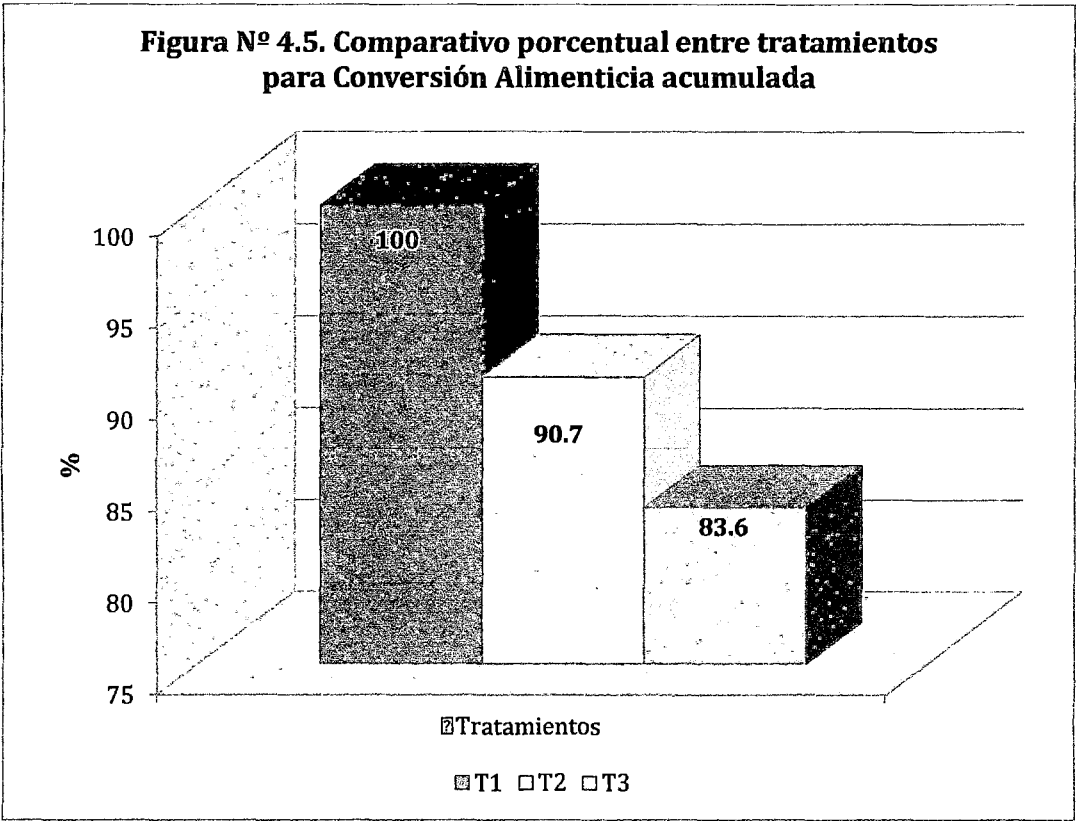
Los resultados relacionados con la conversión alimenticia (kilos de alimentos consumidos para incrementar un kilo de peso vivo) de pollos de carne que recibieron aluminosilicatos en el alimento se presentan en el Cuadro N° 4.3.

Cuadro N° 4.3. Conversión alimenticia de pollos de carne que recibieron aluminosilicatos (zeolitas) en el alimento

Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pollos por tratamiento	31	32	31
Duración del experimento, días	42	42	42
Aluminosilicatos en el alimento, %	00	0.075	0.15
Conversión Alimenticia:			
- Inicio (1 – 14 días)	1.168	1.220	1.145
- Crecimiento (15 – 28 días)	3.205	2.886	2.748
- Acabado (29 – 42 días)	2.236	1.890	1.697
Acumulado (1 – 42 días)	2.206	2.001	1.843
Comparativo porcentual (acumulado)	100.	90.7	83.6

Respectivamente para los tratamientos 1, 2 y 3, los valores de conversión alimenticia fueron de 1.168, 1.220 y 1.145 en el Inicio; 3.205, 2.886 y 2.748 en el Crecimiento; 2.236, 1.890 y 1.697 en el Acabado; y de 2.206, 2.001 y 1.843 para Acumulada. Se apreció que en el período Crecimiento los tres tratamientos pasaron por un problema (respiratorio) que hizo que la eficiencia de la utilización de los alimentos para ganar peso disminuyera, recuperándose en el período Acabado. En todos los períodos el tratamiento que recibió la mayor proporción de aluminosilicatos fue considerablemente superior al tratamiento Testigo; en Inicio la ventaja fue de 2%, en

Crecimiento de 14.3% y en Acabado fue de 24.1%. Con excepción del período Inicio, el tratamiento 2 fue superior al testigo en 10% en Crecimiento y en 15.5% en Acabado. Estos comportamientos se reflejan en la CA acumulada, en la que se aprecia que los tratamientos 2 y 3 superaron al testigo en 9.3 y 16.4%, respectivamente; lo que se ilustra en la Figura N° 4.5.



Casi la totalidad de investigadores reportan que la principal ventaja de la utilización de aluminosilicatos en la alimentación de aves radica en la mejora de la eficiencia de la utilización del alimento para incrementar peso vivo; esto implica que el organismo dispondrá de mayor cantidad de nutrientes en sus “pools” orgánicos para los procesos de síntesis de tejidos. En otras palabras, que los aluminosilicatos habrían propiciado mejor absorción de nutrientes; es decir, el efecto benéfico se da en el ambiente intestinal (Amaguaña, 1999; Guevara, 1999; Luna, 1999; Romero, 1999;

Lema 2008; Gaibor, 2012).

Para esa mejor acción en el lumen del intestino, interactuando con nutrientes, jugaría un rol importante la capacidad de intercambio catiónico. Como han señalado Prvulioæ *et al.* (2009), los aluminosilicatos inducirían cambios en la absorción mineral y en el balance de electrolitos, debido a que poseen alta selectividad por potasio y baja para calcio y magnesio, reteniendo al primero y permitiendo la disponibilidad de mayores cantidades de los segundos y así mejorar la eficiencia en la tasa de síntesis.

Los efectos de las zeolitas sobre la eficiencia alimenticia podrían ser debidos a una reducción en la velocidad de paso en el intestino, la inmovilización de enzimas y su influencia en la micro flora del intestino (Petunkin, 1991). La posible mejora en la utilización de nutrientes puede ser atribuida a una reducción o pre-distribución de la micro flora del intestino. Oliver (1989) reportó que el conteo bacterial en las secciones distal y proximal del intestino fue significativamente más bajo cuando se había proporcionado una dieta con zeolita.

Las zeolitas pueden facilitar el drenaje de sangre de las vellosidades y aumentar la actividad de las células que las bordean, las cuales a su vez podrían mejorar la digestión y absorción de nutrientes. Además las zeolitas mejoran la energía metabolizable aparente y neta y la digestión verdadera de la proteína en el tracto digestivo (buche, proventrículo, molleja, intestino delgado y grueso), así como el número, tamaño y forma de las vellosidades intestinales; además pueden traer beneficios en los órganos del metabolismo como hígado, páncreas y riñones (Nestorov, 1984; Petunkin, 1991).

Sin embargo, a pesar de la bibliografía que indica la conveniencia del empleo de los aluminosilicatos, aún tienen que determinarse los procesos exactos.

4.4. Mérito Económico

Los resultados de mérito económico (dinero gastado en alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado) de pollos de carne que recibieron aluminosilicatos en la dieta se presentan en el Cuadro N° 4.4.

Cuadro N° 4.4. Mérito Económico de pollos de carne que recibieron aluminosilicatos (zeolitas) en el alimento

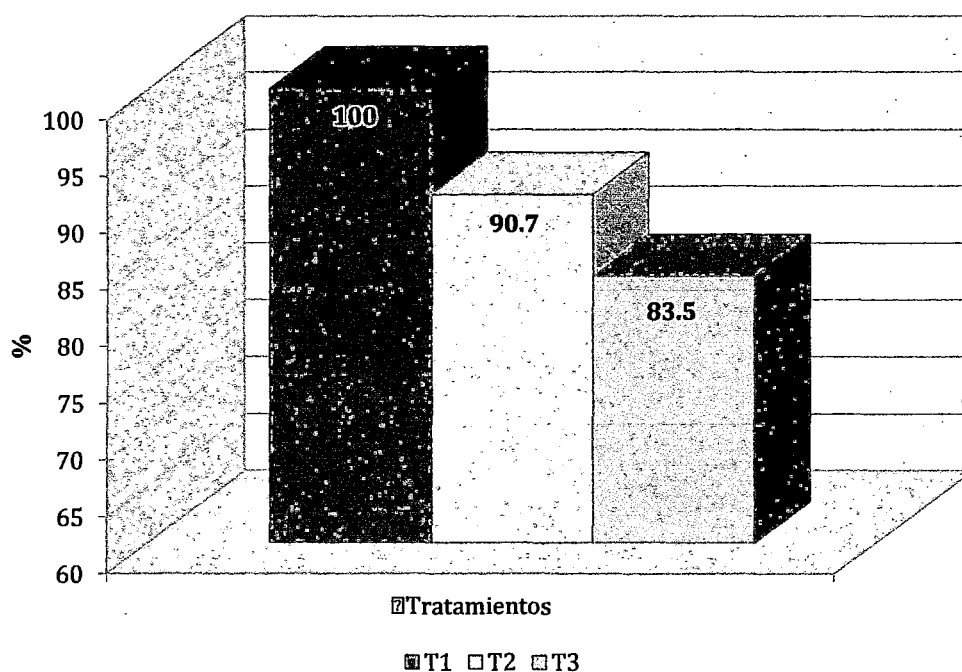
Aspectos	Tratamientos		
	1	2	3
Pollos por tratamiento	31	32	31
Duración del experimento, días	42	42	42
Aluminosilicatos en el alimento, %	00	0.075	0.15
Gasto en alimento(s/. por lote):			
- Ración I	72.13	73.20	72.23
- Ración II	151.21	151.42	151.12
Acumulado (1 – 42 días)	223.37	223.72	223.35
Incremento de peso por lote, Kg.	61.38	67.79	73.46
Mérito Económico	3.64	3.30	3.04
Comparativo porcentual (acumulado)	100.	90.7	83.5

Respectivamente para los tratamientos del primero al tercero, el mérito económico fue de 3.64, 3.30 y 3.04 nuevos soles gastados en alimento para ganar un kilo de peso vivo.

Los valores de mérito económico de los tratamientos 2 y 3 representaron 90.7 y 83.5% respectivamente con relación al tratamiento testigo; esto significa que se gastó, respectivamente, 9.3 y 16.5% menos en alimento para lograr incrementar un kilo de peso vivo en los tratamientos 2 y 3 en comparación con el testigo.

Con los dos tratamientos en los que se empleó aluminosilicatos se logra diferencias considerables en el mérito económico haciendo su uso recomendable; sin embargo, es necesario evaluar proporciones mayores.

Figura N° 4.6. Comparativo porcentual entre tratamientos para Mérito Económico acumulado



Los reportes bibliográficos indican que se puede utilizar mayores proporciones, de hasta 0.5% (cinco kilos por tonelada de alimento) y en algunos casos se ha sugerido hasta diez kilos por tonelada (Collazos, 2010).

Lo interesante del empleo de los aluminosilicatos es que no sólo tiene efectos positivos sobre los aspectos productivos de los animales, también sobre las condiciones del ambiente. Su empleo reduce la excreción de humedad y de olor amoniacal en la cama.

Se ha indicado que una de las primeras funciones y propiedades atribuidas a la zeolita es su capacidad de retener agua, por lo que uno de sus primeros usos fue para mejorar las condiciones de la cama. En 1966 los granjeros japoneses regaban zeolita y estiércol en sus granjas, o la colocaban en el cielorraso, para combatir tanto la humedad como el mal olor en sus galpones. La base científica de tales aplicaciones fue primero

probada y confirmada por Hayburst y Willard (Evans, 1989).

Oliver (1997) reportó que el consumo de Zeolita origina un menor contenido de humedad en las heces y de este modo también en la cama. Las Zeolitas también fueron utilizadas para reducir las pérdidas de nitrógeno, en forma de amoníaco (NH_3), en el compostaje del estiércol de aves (Kithome *et al.*, 1999).

Así, el valor del mérito económico esconde el verdadero potencial de uso de los aluminosilicatos en la dieta de los pollos de carne.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación se llega a las siguientes conclusiones:

1. El empleo de aluminosilicatos (zeolita) en la dieta de pollos de carne no tuvo efecto sobre el consumo de alimento.
2. La inclusión de aluminosilicatos en la dieta afectó positivamente ($P \leq 0.01$) el incremento de peso vivo; sobre todo con la mayor proporción (0.15%) en la dieta.
3. La conversión alimenticia acumulada mejoró sustancialmente con 0.15% de aluminosilicatos con relación al testigo en 16.4%; con 0.075% se logró mejorar la conversión alimenticia en 9.3%.
4. La inclusión de aluminosilicatos en la dieta permitió obtener mejor mérito económico en comparación con el testigo, con reducciones en la inversión en alimento de hasta 16.5% con relación al testigo.

Recomendándose:

1. Utilizar 0.15% del producto aportante de aluminosilicatos en la dieta de pollos de carne de todas las fases de crianza por permitir mejores incrementos de peso, conversión alimenticia y mérito económico.
2. Realizar ensayos de alimentación con mayores proporciones del producto en el alimento.
3. Determinar si la inclusión de aluminosilicatos disminuye la excreción de humedad y de amoníaco en las excretas.

VI. RESUMEN

Los aluminosilicatos (zeolitas) tienden a ser considerados como constituyentes indispensables en las raciones para pollos de carne debido a la, siempre presente, suposición de contaminación del alimento por mico-toxinas. La importancia trascendente de los aluminosilicatos o zeolitas se debe a su rol de atrapadores de mico-toxinas; sin embargo, también se les ha sindicado como mejoradores del metabolismo y del rendimiento debido a sus propiedades físico-químicas, entre ellas la capacidad de intercambio catiónico. Se emplearon noventa y cuatro pollitos Cobb, de ambos sexos, de un día de edad en un ensayo de alimentación para determinar el efecto sobre el rendimiento de la presencia de aluminosilicatos en la dieta. Se implementaron tres tratamientos: T₁, testigo; T₂, 0.075% y T₃, 0.15% de aluminosilicatos en la dieta. El ensayo se condujo bajo las condiciones de un diseño completamente al azar. El producto evaluado se conoce comercialmente como Toxibond®. Respectivamente para los tratamientos 1, 2 y 3 se obtuvo: 4.368, 4.238 y 4.268 kilos de alimento consumido por pollo; 2028.7, 2167.2 y 2417.5 gramos de peso vivo final (42 días de edad); 1979.8, 2118.4 y 2369.8 gramos de peso vivo incrementado; 2.206, 2.001 y 1.843 kilos de alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado; 3.64, 3.30 y 3.04 nuevos soles invertidos en alimento consumido para incrementar un kilo de peso vivo. El análisis estadístico mostró que las diferencias fueron altamente significativas ($P \leq 0.01$) a favor de los tratamientos en los que se incluyó los aluminosilicatos. Con la proporción más alta de aluminosilicatos la conversión alimenticia acumulada superó en 16.4% a la lograda por el testigo; en el período de acabado la ventaja del tratamiento 3 sobre el testigo en conversión alimenticia fue de 24.1%. Las ventajas en mérito económico fueron proporcionalmente similares a las logradas con la conversión alimenticia. Los resultados obtenidos hacen recomendable la inclusión de la mayor proporción de

aluminosilicatos en todas las fases de crianza del pollo de carne; así mismo, la implementación de ensayos para evaluar proporciones mayores a las evaluadas en el presente trabajo de investigación, también determinar el efecto del empleo de los aluminosilicatos sobre las condiciones del ambiente en cuanto a la excreción de agua y de amoníaco a través de las excretas.

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ÅHMAN, B. 1996. Effect of bentonite and ammonium-ferric(III)- hexacyanoferrate(II) on uptake and elimination of radiocaesium in reindeer. *J. Environ. Radioactiv.* 31:29.
- AMAGUAÑA, A. 1999. Adición de Zeolita sódica cargada con cloro de calcio en alimentación de pollos. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp 71-72.
- BAILEY, C.A., LATIMER, G.W., BARR, A.C., WIGLE, W.L., HAQ, A.U., BALTHROP, J.E. & KUBEN, L.F. 2006. Efficacy of montmorillonite clay (NovaSil PLUS) for protecting full-term broilers from aflatoxicosis. *J. Appl. Poult. Res.* 15:198.
- BENNETT, J. and KLICH, M. 2003. Mycotoxins. *Clin. Microbiol. Rev.* 16: 497-516.
- BIEHL, M., PRELUSKY, D., KORITZ, GD., HARTIN, KE., BUCK, WB., TRENHOLM, HL. 1993. Biliary excretion and enterohepatic cycling of zearalenone in immature pigs. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 121: 152- 159.
- BLANDON, J.C. 2011. Evaluación de un adsorbente de micotoxinas de nueva generación como aditivo en el pienso de animales de renta. Tesis programa de doctorat de producció animal del departament de ciència animal i dels aliments. Universitat Autònoma de Barcelona. España.
- BONDY, GS, SUZUKI, C., FERNIE, S., ARMSTRONG, C., HIERLIHY, S., SAVARD, M., BARKER, M. 1997. Toxicity of fumonisin B1 to B6C3F1 mice: a 14-day gavage study. *Food Chem. Toxicol.* 35(10-11): 981-89.
- BRECK, D. W. 1974. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry, and Use: Wiley, New York 771 p.
- CASTAING, J. 1998. Uso de las arcillas en la alimentación animal. XIV Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). España.
- CASTRO, L. Z. 1996. Efectos de la Zeolita en la adsorción de principios nutritivos en medios biológicos. Trabajo de Diploma. Universidad de la Habana, Facultad de Biología, La Habana, Cuba. 33 pp.
- CERRI, G., DE' GENNARO, M., BONFERONI, M.C. & CARAMELLA, C. 2004. Zeolites in biomedical application: Zn-exchanged clinoptilolite-rich rock as active carrier for antibiotics in anti- acne topical therapy. *Appl. Clay Sci.* 27:141
- CHELISHCHEV, N.F. 1995. Use of natural zeolites at Chernobyl. En: *Natural Zeolites '93*. 1st Edition. Ming, D.W. & Mumpton, F.A. Eds. International Community of Natural Zeolites, Brockport, New York, USA, p. 525
- COLLAZOS, H. 2010. La aplicación de zeolita en la producción avícola: Revisión. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1 (1): 17-23.

- COULOMBE, R.A. 1993. Symposium: Biological action of mycotoxins. J. Dairy Sci. 76:880-891.
- CUERO, R. and OUELLET, T. 2005. Metal ions modulate gene expression and accumulations of the mycotoxins aflatoxin and zearalenone. J. appl. Microbiol. 98, 598—605.
- DENLI, M., F. OKAN, F. DORAN and T.C. İNAL. 2005. Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on carcass quality, serum lipid variables and histopathological changes of broiler chickens infected with aflatoxin B1. South African Journal of Animal Science 35 (2).
- DESAI, K., SULLARDS, M. C., ALLEGOOD, J., WANG, E., SCHMELZ, E. M., HARTL, M., HUMPF, H. U., LIOTTA, D. C., PENG, Q., MERRILL, A. H. Jr. 2002. Fumonisin and fumonisin analogs as inhibitors of ceramide synthase and inducers of apoptosis. Biochim. Biophys. Acta. 1585(2-3):188-92.
- DEVEGOWDA, G. and MURTHY, T. N. K. 2005. Mycotoxins: Their effects in poultry and practical solutions. . In: The mycotoxin Blue Book. (D.E. Díaz, ed.) Nottingham University Press, pp. 25-56.
- DÍAZ, D., W. HAGLER, J. BLACKWELDER, J. EVE, B. HOPKINS, K. ANDERSON, F. JONES and L. WHITLOW. 2004. Aflatoxin binders II: Reduction of aflatoxin M1 in milk by sequestering agents of cows consuming aflatoxin in feed. Mycopathologia 157: 233-241.
- D'MELLO, J.P.F., MacDONALD, A.M.C., 1997. Mycotoxins. Anim. Feed Sci. Technol. 69, 155-166.
- DYER, A. MORGAN, S. WELLS, P. & WILLIAMS, C. 2000. The use of zeolites as slow release anthelmintic carriers. J. Helminth. 74:137.
- EVANS, M. 1989. Zeolites-Do they have a role in poultry production? In: Farrell. D.J. (Ed). 1989. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*. University of New Eng- land. Armidale, Australia. p. 245-268.
- GAIBOR, P. 2012. Evaluación de los niveles de zeolita en la alimentación de pollos broiler y su efecto en la conversión alimenticia en el cantón San Miguel de Bolívar. Tesis Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador.
- GALVANO, F., RIETIENI, A., PIVA, G., PIETRI, A. 2005. Mycotoxins in human food chain. In: The mycotoxin Blue Book. (D.E. Díaz, ed.) Nottingham University Press, pp. 187-224.
- GELDERBLOM, W. C., K. JASKIEWICZ, W. F. O. MARASAS, P. G. THIEL, R. M. HORAK, R. VLEGGAAR, and N. P. J. KRIEK. 1988. Fumonisin- novel mycotoxins with cancer-promoting activity produced by *Fusarium moniliforme* Appl. Environ. Microbiol. 54:1806–1811.
- GELDERBLOM, W. C., SMUTS, C. M., ABEL, S., SNYMAN, S. D., VAN DER

- WESTHUIZEN, L., HUBER, W. W., SWANEVELDER, S. 1997. Effect of fumonisin B1 on the levels and fatty acid composition of selected lipids in rat liver in vivo. *Food Chem Toxicol.* 35(7): 647-56.
- GIMENO, A. 1999. Revisión genérica del problema de los hongos y las micotoxinas en la alimentación animal. pp.1-153. en www.mycotoxin.com(consultado 15-06-2005).
- GIMENO, A. y MARTINS, M. L. 2003. Micotoxinas y Micotoxicosis en animales y humanos. Special nutrients, INC. Talleres gráficos D.E.L S.R.L. Buenos Aires.
- GONZÁLEZ, F. and YU, A. 2006. Cytochrome P450 and xenobiotic receptor humanized mice. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 46: 41-64.
- GUEVARA, R. 1999. Nivel óptimo de energía con adición de zeolitas en cría y acabado de pollos de ceba. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. p 76.
- HARVEY, R. B., KUBENA, L. F., ELISSALDE, M. H. & PHILLIPS, T. D. 1993. Efficacy of zeolitic ore compounds on the toxicity of aflatoxin to growing broiler chickens. *Avian Dis.* 37:67
- <http://es.wikipedia.org>. 2007. Zeolita.
- <http://www.quiminet.com.mx>. 2007. Aplicaciones comunes de las zeolitas.
- Hussein, H. S., and J. M. Brasel. 2001. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology* 167:101–134.
- JAND, S. K., SINGH, P. P., SINGH, A. 1995. Observations on occurrence of poultry diseases associated with mycotoxins in feed. *Ind. J. Anim. Sci.* 65, 1063–1067.
- JAVED, T., RICHARD, J. L., BENNETT, G. A., DOMBRINK-KURTZMAN, M. A., BUNTE, R. M., KOELKEBECK, K. W., CÔTÉ, L. M., LEEPER, R. W., BUCK, W. B. 1993. Embryopathic and embryocidal effects of purified fumonisin B1 or *Fusarium proliferatum* culture material extract on chicken embryos. *Mycopathologia.* 123(3):185-93.
- JONES, F., GENTER, M., HAGLER, W., HANSEN, J., MOWREY, B., POORE, M., WHITLOW, L. 1994. Understanding coping with effects of mycotoxins in livestock feed forage. Published by North Carolina Cooperative Extension Service (North Carolina State University, Raleigh, NC.). Electronic Publication DRO-29, December, number AG-523, p. 1-31.
- KITHOME, M., J. W. PAUL & A. A. BOMKE. 1999. Reducing nitrogen losses during stimulated composting of poultry manure using absorbents or chemical amendments. *Journal of Environmental Quality* 28: 194-201.
- LEESON, S., DIAZ, G., SUMMERS, J.D., 1995. AFLATOXINS. IN: LEESON, S., DIAZ, G., SUMMERS, J.D. (Eds.), *Poultry Metabolic Disorders and Mycotoxins*. University Books, Canada, Ont., pp. 248–279.

- LEMA, J. 2008. Utilización de Zeolitas Naturales y Esquema de Alimentación con Ahorro de proteína para la alimentación de pollos de ceba con impacto ambiental favorable. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp. 4 – 5.
- LOPEZ de CERAIN, A., JIMENEZ, A. M, EZPELETA, O., BELLO, J. 2000. Efectos tóxicos de la ocratoxina A. *Revista de toxicología*, 17: 61-69.
- LUNA, R. 1999. Evaluación del comportamiento biológico de pollos parrilleros al utilizar dietas con 23, 21 y 20% de proteína bruta en inicio y 19.5, 18.5 y 18% de proteína bruta en acabado más la adición de zeolitas. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Pp. 35-68.
- MALEKINEJAD, H., AKBARI, P., ALLYMEHR, M., HOBENAGHI, R., REZAIE, A. 2010. Cyclopiazonic acid augments the hepatic and renal oxidative stress in broiler chicks. *Hum Exp Toxicol*. Sep 27.
- MARQUARDT, R. and FROHLICH, A. 1992. A review on recent advances in understanding ochratoxicosis. *J. Anim.Sci*. 70: 3968-3988.
- McDOWELL, L. R.; J. H. CONRAD; J. E. THOMAS, and L. E. HARRIS. 1974. *Latin American Tables of Feed Composition*. University of Florida. Gainesville, Florida, USA.
- MERRILL, A. H. Jr, van ECHTEN, G., WANG, E., SANDHOFF, K. 1993. Fumonisin B1 inhibits sphingosine (sphinganine) N-acyltransferase and de novo sphingolipid biosynthesis in cultured neurons in situ. *J. Biol. Chem*. 268(36):27299-306
- MUMPTON, F. A. 1999. La roca mágica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96:3463
- NESTOROV, N. 1984. Possible application of natural Zeolite in animal husbandry. En: Pond, W.G. & F.A. Mumpton (Eds.) 1984. *Zeo Agriculture: Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture*. p. 129. Westview Press Boulder, Colorado, U.S.A.
- NEWMAN, K. E, and RAYMOND, S. 2005. Effects of mycotoxins in horses. . In: *The mycotoxin Blue Book*. (D.E. Díaz, ed.) Nottingham University Press, pp.57-76.
- OLIVER, M.D. 1989. Effect of feeding clinoptilolite (Zeolite) to three strain of laying hens. *British Poultry Science* 30: 115-121
- OLIVER, M. 1997. Effect of feeding clinoptilolite(Zeolite) on the performances of three strain of laying hens. *British Poultry Science* 38: 220- 223.
- OLSEN, M. and KIESSLING, K. H. 1983. Species differences in zearalenone-reducing activity in subcellular fractions of liver from female domestic animals. *Acta Pharmacol. Toxicol*. 52(4):287-91.

- OSTLE, B. 1979. Estadística Aplicada. Limusa. México, D. F.
- PETUNKIN, N. 1991. Influence of Zeolites on animal digestion. En: *Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites*. Fuentes, G.R. & J.A. González (Eds). 1991. Memorias de la 3ra. Conferencia sobre Ocurrencia, Propiedades y Usos de las Zeolitas Naturales. Abril 9-12. La Habana. Cuba. p: 280. Cuba.
- PIMPUKDEE, K., KUBENA, L.F., BAILEY, C.A., HUEBNER, H.J., AFRIYIE-GYAWU, E. & PHILLIPS, T.D. 2004. Aflatoxin-induced toxicity and depletion of hepatic vitamin A in young broiler chicks: protection of chicks in the presence of low levels of NovaSil PLUS in the diet. *Poult. Sci.* 83:737.
- POLAN, C.E., J. HAYES and T. CAMPBELL. 1974. Consumption and fate of aflatoxin B1 by lactating cows. *J. Agric. Food Chem.* 22: 635-638.
- POND, W.G., 1995. Zeolites in animal nutrition and health: a review. En: *Natural Zeolites '93*. 1st Edition. Ming, D.W. & Mumpton, F.A. Eds. International Community of Natural Zeolites, Brockport, New York, USA, p. 449
- PRVULOVIĆ, D., SLAVICA KOŠARČIĆ, M. POPOVIĆ y GORDANA GRUBOR-LAJŠLJ. 2009. Efecto de los aluminosilicatos hidratados dietéticos en el crecimiento y los indicadores sanguíneos de cerdos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43: 61-66.
- RILEY, R. and PESTKA, J. 2005. Mycotoxins:metabolism, mechanisms and biochemical markers. In: *The mycotoxin Blue Book*. (D.E. Díaz, ed.) Nottingham University Press, pp. 279- 294.
- ROLAND, SR. D.A., M. FARMER & D. MARPLE. 1985. Calcium and its relationship to excess feed consumption, body weight, egg size, fat deposition, shell quality, and fatty liver hemorrhagic syndrome. *Poultry Science* 64: 2341-2350
- SAMAPUNDO, S., DEVLIEGHERE, F., DE MEULENAER, B., GEERAERD, A. H., VAN IMPE, J. F., DEBEVERE, J. M. 2005. Predictive modelling of the individual and combined effect of water activity and temperature on the radial growth of *Fusarium verticillioides* and *F. proliferatum* on corn. *Int. J. Food Microbiol.* 105: 35-52.
- SANCHIS, V.; MARIN. S.; RAMOS, A. J. 2000. Control de micotoxinas emergentes. Situación legislativa actual. *Rev. Iberoam. Micol.* 17, S69-S75.
- SANTIN, E. 2005. Mould growth and mycotoxin production. In: *The mycotoxin Blue Book*. (D.E. Díaz, ed.) Nottingham University Press, pp.225-234.
- SCHEFFLER, E. 1982. Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- SCHROEDER, J. J., CRANE, H. M., XIA, J., LIOTTA, D. C., MERRILL, A. H. Jr. 1994. Disruption of sphingolipid metabolism and stimulation of DNA synthesis by fumonisin B1. A molecular mechanism for carcinogenesis associated with *Fusarium moniliforme*. *J. Biol. Chem.* 269(5):3475-81.

- SHARMA, R. P. 1993. Immunotoxicity of mycotoxins. *J. Dairy Sci.* 76:892-897.
- SHIER, W. T., SHIER, A. C., XIE, W., MIROCHA, C. J. 2001. Structure-activity relationships for human estrogenic activity in zearalenone mycotoxins. *Toxicon*. 39 (9): 1435-8.
- SMITH, E. E., KUBENA, L. F., BRAITHWAITE, R. B., HARVEY, R. B., PHILLIPS, T. D., REINE, A. H., 1992. Toxicological evaluation of aflatoxin and cyclopiazonic acid in broiler chickens. *Poult. Sci.* 71, 1136-1144.
- SMITH, T. 2005. Update: Mycotoxins and adsorbents. *Feed International* 26 (4), 15-21.
- STOJŠIĆ, D., STOJKOVIĆ, M., ĐAKOVIĆ, A., ADAMOVIĆ, M. & TOMAŠEVIĆ-ĐANOVIĆ, M. 2004. Efficacy of organozeolite to ameliorate the toxic effects of zearalenone in lambs. *Acta Veterinaria (Beograd)* 54:53
- SURAI, P. and DVORSKA, J. 2005. Effects of mycotoxins on antioxidant status and immunity. In: *The mycotoxin Blue Book*. (D.E. Díaz, ed.) Nottingham University Press, pp.93-137.
- SWEENEY, M. J. and DOBSON, A.D. 1998. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *Int. J. food Microbiol.* 43, 141-58.
- VERMA, J., SWAIN, B. K., JOHRI, T. S. 2002. Effect of various levels of aflatoxin and ochratoxin A and combination thereof on protein and energy utilisation in broilers. *J. Sci. Food Agric.* 82: 1412-17.
- VLAENTIJEVIĆ, M., MITROVIĆ, R. & VITOROVIĆ, G. 2006. Efficiency of clyneptilolite in case of multiple alimentary contamination of the pheasants with ¹³⁷Cs. *Biotechnol.*
- WANG, E., NORRED, W., BACON, C., RILEY, R. and MERRILL, A. 1991. Inhibition of Sphingolipid biosynthesis by fumonisins. *J. Biol. Chem.* 266: 14486-14490.
- ZALDIVAR, V. MARGOLLES, E. MUÑOZ, C. 2011. Utilización de las zeolitas naturales cubanas en la producción de monogástricos: Aspectos metabólicos y de salud. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, Habana, Cuba. <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/segencuentr/victoriaz.htm>

VIII. APÉNDICE

Cuadro N° 8.1. Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales

Muestra	SC _i	GL	S ² _i	log ₁₀ S ² _i	GL x log ₁₀ S ² _i
1	673.53	33	20.41	1.3098	43.2248
2	613.64	32	19.18	1.2828	41.0484
3	456.06	32	14.25	1.1539	36.9239
Suma	1743.23	97	-----	-----	121.1971

$$S^2 = 17.9714$$

$$B = 121.6946$$

$$\chi^2 = 1.15^{NS}$$

Varianzas homogéneas

Cuadro N° 8.2. Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso a los 14 días

Muestra	SC _i	GL	S ² _i	log ₁₀ S ² _i	GL x log ₁₀ S ² _i
1	167986.19	30	5599.54	3.7482	112.4446
2	132025.97	31	4258.90	3.6293	112.5082
3	93495.10	30	3116.50	3.4937	104.8100
Suma	393507.26	91	-----	-----	329.7628

$$S^2 = 4324.26$$

$$B = 330.8679$$

$$\chi^2 = 2.55^{NS}$$

Cuadro N° 8.3. Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso a los 14 – 28 días

Muestra	SC _i	GL	S ² _i	log ₁₀ S ² _i	GL x log ₁₀ S ² _i
1	283021.48	30	9434.05	3.9747	119.2409
2	164953.47	31	5321.08	3.7260	115.5060
3	186327.55	30	6207.92	3.7930	113.7884
Suma	634212.50	91	-----	-----	348.5353

$$S^2 = 6969.37$$

$$B = 349.7306$$

$$\chi^2 = 2.75^{NS}$$

Cuadro N° 8.4. Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso a los 28 – 42 días

Muestra	SC _i	GL	S ² _i	log ₁₀ S ² _i	GL x log ₁₀ S ² _i
1	603211.48	30	20107.05	4.3034	129.1005
2	713217.47	31	23007.02	4.3619	135.2177
3	473458.77	30	15781.96	4.1982	125.9448
Suma	1789887.72	91	-----	-----	390.2630

$$S^2 = 19669.10$$

$$B = 390.7344$$

$$\chi^2 = 1.09^{NS}$$

Cuadro N° 8.5. Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos de peso a los 1 – 42 días

Muestra	SC _i	GL	S ² _i	log ₁₀ S ² _i	GL x log ₁₀ S ² _i
1	547018.19	30	18233.94	4.2609	127.8264
2	1212675.97	31	39118.58	4.5924	142.3639
3	999245.94	30	33308.20	4.5226	135.6765
Suma	2758940.10	91	-----	-----	405.8668

$$S^2 = 30318.02$$

$$B = 407.8348$$

$$\chi^2 = 4.53^{NS}$$

Cuadro N° 8.6. Análisis de la varianza con los incrementos de peso vivo obtenidos en el período de inicio

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signific.
Media	26638314.89	1	-----		
Tratamientos	43839.85	2	21919.93	5.07	**
Residual	393507.26	91	4324.26		
TOTAL	27075662.00	94			

CV=12.4%

Cuadro N° 8.7. Análisis de la varianza con los incrementos de peso vivo obtenidos en el período de crecimiento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signific.
Media	31259562.22	1	-----		
Tratamientos	118976.28	2	59488.14	8.54	**
Residual	634212.50	91	6969.37		
TOTAL	32012751.00	94			

CV=14.5%

Cuadro N° 8.8. Análisis de la varianza con los incrementos de peso vivo obtenidos en el período de acabado

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signific.
Media	102966182.6	1	-----		
Tratamientos	1283582.7	2	641791.34	32.6	**
Residual	1789887.7	91	19669.1		
TOTAL	106039653.0	94			

CV=13.4%

Cuadro N° 8.9. Análisis de la varianza con los incrementos de peso vivo acumulados en todo el ensayo

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signific.
Media	436788365.8	1	-----		
Tratamientos	2423332.1	2	1211666.06	21.3	**
Residual	5182272.2	91	56948.05		
TOTAL	441970638.0	94			

CV=11.1%

CUADRO N° 8.10. Análisis de covarianza entre peso inicial (X) e incrementos de peso acumulados

Fuente de Variación	GL	Suma de cuad. y product.			Desv. respecto a regresión		
		Σx^2	Σxy	Σy^2	$\Sigma y^2 - \Sigma xy^2 / \Sigma x^2$	GL	CM
Tratamientos	2	23.91	-7350.57	2423332.11			
Residual	91	1577.42	1490.04	5182272.2	5180864.7	90	57565.16
Total	93	1601.33	-5860.53	7605604.31	7627052.6	92	-----
Diferencias para probar entre medias ajustadas de							
Tratamientos					2446187.9	2	1223094

$$F_{COV.} = 21.25^{**}$$

$$F_{REG.} = 24.4^{**}$$

Correcciones por covarianza con el peso inicial

Promedio general de X = 48.46

$b_{Y/X} = 0.9446$

	Tratamientos		
	1	2	3
Promedio X_i	48.9	48.8	47.7
Diferencia	0.44	0.34	-0.76
$b_{Y/X}$ por diferencia	0.42	0.32	-0.72
Promedio Y_i	1979.84	2118.5	2369.7
Promedio Y_i correg.	1979.4	2118.2	2370.4
% de T1	100	107.0	119.8